

**Publication number:** DE3302177

**Publication date:** 1983-08-25

**Inventor:** PRYOR TIMOTHY R (CA)

**Applicant:** DIFFRACTO LTD (CA)

**Classification:**

**- international:** **A01B69/04; B23P19/00; B25J9/16; B25J9/18;  
G01B11/00; G05B19/401; A01B69/04; B23P19/00;  
B25J9/16; B25J9/18; G01B11/00; G05B19/401; (IPC1-  
7): B23Q15/22; B23P21/00; B23Q41/02; B24B3/00;  
B25J9/00; B65G47/00; B65G47/22; G01C1/00;  
G01C3/00; G05B19/00; G06K1/00**

- european: A01B69/00F1; B23P19/00C; B25J9/16V1; G01B11/00;  
G05B19/401

**Application number:** DE19833302177 19830124

**Priority number(s):** US19820348803 19820216

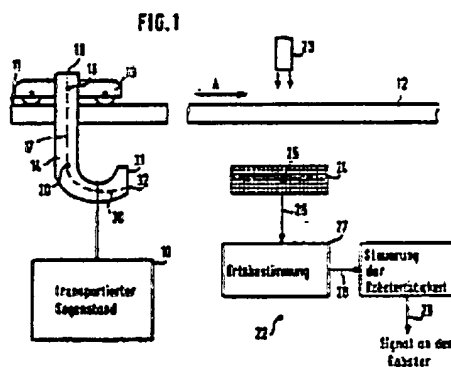
**Also published as:**

 JP58217285 (A)

**Report a data error here**

## Abstract of DE3302177

The invention relates to a method and a device for determining the position and location of articles and robotic systems which use this method. Methods for applying marks to articles and/or marking them for such purposes are given. Of particular interest is the application in continuous conveyors, especially in the manufacturing process for motor vehicles.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



Altanzzeichen: P 33 02 177.5  
Anmeldetag: 24. 1. 83  
Offenlegungstag: 25. 8. 83

DEUTSCHES  
PATENTAMT

Int. Cl. 2:  
B23Q 15/22  
B23Q 41/02  
B23P 21/00  
B24B 3/00  
B25J 9/00  
B65G 47/00  
B65G 47/22  
G01C 1/00  
G05B 3/00  
G05B 19/00  
G08K 1/00

④ Unionspriorität: ⑤ ⑥ ⑦  
16.02.82 US 340803  
⑧ Erfinder:  
Pryor, Timothy R., Tecumseh, Ontario, CA

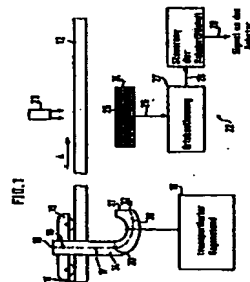
⑨ Anmelder:  
Diffraeto Ltd., Windsor, Ontario, CA

⑩ Vertreter:  
Leine, S., Dipl.-Ing., König, N., Dipl.-Phys. Dr. rer. nat.,  
Pat.-Anw., 3000 Hannover

**Behördenangaben**

⑪ Verfahren und Einrichtung zur automatischen Handhabung oder Bearbeitung oder zum automatischen Zusammenbau von Gegenständen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Bestimmung der Position und Lage von Gegenständen sowie Robotersysteme, die das verwenden. Es werden Verfahren zur Anbringung von Markern an Gegenständen bzw. zur Kennzeichnung derselben für solche Zwecke angegeben. Von besonderem Interesse ist die Anwendung bei kontrollierten Fertigungsprozessen, insbesondere beim Fertigungsprozess von Kraftfahrzeugen. (33 02 177)



33.01.83

LEINE & KÖNIG  
PATENTANWÄLTE

Dipl.-Ing. Siegfried Leine · Dipl.-Phys. Dr. Norbert König  
Burchardstraße 1  
D-3000 Hannover 1  
Telefon (05 11) 633005

Unterzeichner  
Datum  
820/83 29. Dezember 1982

Diffraeto Limited

P a t e n t a n s p r u c h e

① Verfahren zur automatischen Bearbeitung eines Gegenstandes, zum Zusammenbau eines Gegenstandes mit anderen Gegenständen oder zur Handhabung eines Gegenstandes, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Daß wenigstens ein Ziel/auf wenigstens einem Teil

eines Gegenstandes gebildet wird, wobei das Ziel

eine Form und lichtreflektierende, lichtausstrahlende

oder lichtübertragende Eigenschaften hat, die von

dem Nichtzielbereich des Gegenstandes verschieden

sind,

daß das von dem Ziel oder den Zielen reflektierte

oder übertragene Licht elektro-optisch abgetastet

wird, um die Position der Ziele zu bestimmen,

daß aus den elektro-optisch abgetasteten Daten

der Ort des Gegenstandes bestimmt wird und

daß aus den Ortsdaten des Gegenstandes Steuer-

SL/H.

signale gebildet werden, um eine Maschine zu veranlassen, automatisch einen Gegenstand zu bearbeiten oder zusammenzusetzen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel durch Bohren, Gießen, Stanzen, Pressen, Schmieden oder in anderer Weise hergestellte Ausnehmung oder Vertiefung in einer Oberfläche des Gegenstandes gebildet wird, um so eine Reflexionseigenschaft zu schaffen, die von der Oberfläche des Gegenstandes verschieden ist, wenn der Gegenstand mit Licht beleuchtet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Teil der Ausnehmung oder Vertiefung mit einem transparenten, gefärbten oder durchscheinenden Material gefüllt wird, um so ein verbessertes oder dauerhafteres Ziel zu schaffen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Gegenstand so zweckmäßig ausgebildet ist, daß er das Ziel oder die Ziele in einer ästhetisch ansprechenden Weise einbezieht oder enthält.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel durch Pressen, Stanzen, Schmieden, Gießen

oder durch Bildung eines Anhängsels an den Gegenstand gebildet wird, das durch seine Form oder seine Reflexionseigenschaften erkannt werden kann.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, <sup>Auf-</sup>daß der Vorbereitungsschritt aus/dampfen, Drucken, Sprühen oder andersartiger Aufbringung eines Films von Material auf die Oberfläche des Gegenstandes besteht, das in bezug zu der Gegenstandsoberfläche unterschiedliche Reflexionseigenschaften hat.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedene Lichtreflexionseigenschaft des Zieles auf der Farbe oder dem Reflexionswinkel beruht.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildung des Zieles durch Kleben, Schweißen, Löten oder in anderer Weise an dem Gegenstand angebrachte Ziele gebildet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel in den Gegenstand eingeschraubt oder eingepreßt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel nachfolgend von dem Gegenstand entfernt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel durch Dotierung, Bestrahlung oder Behandlung des Materials des Gegenstandes in anderer Weise gebildet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel aus dem Ende eines faseroptischen Teiles besteht, dessen gegenüberliegendes Ende mit Licht beleuchtet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel ein faseroptisches Teil ist, dessen Ende beleuchtet ist und das Licht entlang wenigstens eines Teiles der ITC-Ausdehnung strahlt, um so eine Peripherie oder einen anderen Teil des Gegenstandes deutlich zu machen.

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine dazu verwendet wird, ein Werkzeug an einem genauen Ort auf dem Gegenstand im wesentlichen unabhängig von irgendeiner Bewegung des Gegenstandes zu positionieren.

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel aus einer Öffnung in dem Gegenstand besteht.

16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß der Gegenstand ein von dem genannten Roboter zu ergreifendes Werkzeug ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Roboter weiter das Werkzeug verwendet, um einen weiteren Gegenstand zu bearbeiten.

18. Verfahren zur Steuerung eines Roboters oder eines anderen Automationssystems, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Schritte:

Abtasten mehrerer Ziele an bekannten relativen Orten auf einem Gegenstand mit wenigstens einem ersten elektro-optischen Taster,

Verwendung der Ortsdaten des Zieles von dem Taster zum Steuern eines Roboters oder einer anderen Maschine zur Führung des Gegenstandes oder zum Einnehmen einer bekannten Position relativ zu dem Gegenstand,

darüber hinaus Verwendung eines zweiten elektro-optischen Tasters zur Bestimmung des Ortes von Punkten auf der Oberfläche des Gegenstandes oder weiteren von dem Gegenstand getragenen Gegenständen und

Steuerung des Roboters oder Automationssystems aufgrund der von den ersten und zweiten Tastern gewonnenen Ortsdaten.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Taster durch die gleichen photo-elektrischen Elemente gebildet sind, wobei jedoch die Beleuchtung, die Ausgangskreise, Vergrößerung oder Programme verschieden sind.

20. Verfahren zur roboterartigen Handhabung, Zusammensetzung oder Bearbeitung von kontinuierlich sich bewegenden Gegenständen oder innerhalb eines Gegenstandes enthaltenen Gegenständen, gekennzeichnet durch folgende Schritte :

Verwendung wenigstens einer Lichtquelle,

Schaffung wenigstens eines Zieles auf dem Gegenstand,

Verwendung eines Roboters oder einer anderen programmierbaren Automation von einer Bearbeitungsstation, wobei der Roboter in der Lage ist, auf die Tasterkommandos anzusprechen,

Beleuchtung des Zieles mit wenigstens einer Lichtquelle, wenn sich der Gegenstand innerhalb der Bearbeitungsstation befindet,

Verwendung wenigstens eines elektro-optischen Tasters zur Bestimmung der Position wenigstens eines der Ziele,

Bestimmung der Position des Zieles und Steuerung des Roboters zur Führung der Ziele auf dem Gegenstand

in Abhängigkeit davon und

Verwendung des Roboters während der Verfolgung der Ziele zur Handhabung, zum Zusammenbau oder zur Bearbeitung des Gegenstandes oder der innerhalb des Gegenstandes enthaltenen Gegenstände.

21. Verfahren nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch die Anwendung bei der Bearbeitung von Gegenständen, die auf einer kontinuierlich sich bewegenden Förderstraße transportiert werden, wobei ein Werkzeug zur Bearbeitung des Gegenstandes verwendet wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch die Anwendung zur Entfernung oder zum Austausch von Gegenständen oder Werkstücken von Trägern, Behältern, Kästen oder anderen Containern auf einem kontinuierlichen Förderer, wobei außerdem der Greifer des Roboters oder der Automationseinrichtung in den genannten Container greift, um ein Teil in den Container zu setzen oder aus ihm herauszunehmen.

23. Verfahren nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch die Anwendung beim Zusammenbau von Teilen zu Gegenständen, die sich auf einer kontinuierlichen Förderstraße bewegen, wobei ein Teil mit dem Roboter mitgeführt und an den Gegenstand angebaut wird.

24. Verfahren nach Anspruch 20, 21, 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Gegenstand kurzzeitig in der Bearbeitungsstation angehalten wird.

25. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht von den Enden der Fasern durch Farbe, Frequenz, Zeitgabe oder Form codiert wird.

26. Verfahren zum Einbau von Türen oder anderen Platten in Öffnungen in Gegenständen, gekennzeichnet durch folgende

Schritte:

Verwendung eines Roboters mit elektro-optischen Tastern auf dem Werkzeug, das zum Ergreifen der Platte verwendet wird,

Abtasten des Ortes des Gegenstandes und der Öffnung in dem Gegenstand mit den Tastern,

Positionierung der Platte in der Öffnung mit dem Roboter, wobei die Taster dazu verwendet werden, Daten von dem Steuersystem zu dem Roboter zurückzuführen,

Einjustierung der Position in der Öffnung aus den Daten zur Egalisierung des Spaltes zwischen der Platte und der Öffnung, um so die Platte oder die Tür in der Öffnung auszurichten.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Taster außerdem dazu verwendet werden, um den Roboter zu führen und das Werkzeug in richtiger Lage in bezug zu der Platte zu positionieren, bevor die Platte ergriffen wird.

28. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Ziele auf dem Gegenstand mit der Öffnung elektro-optisch abgetastet werden, um grob die Position des Roboters in bezug zu dem Gegenstand zu steuern.

29. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Taster die Orientierung des Gegenstandes oder der genannten weiteren Gegenstände identifiziert oder bestimmt.

30. Verfahren nach Anspruch 1, 18, 20 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere Achsen der genannten Gegenstandsbewegung eingeschränkt sind, um die Bewegung oder Geschwindigkeit zu begrenzen.

31. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Handhabung des Gegenstandes ein Roboterarm gesteuert wird, um Teile aus dem Gegenstand herauszunehmen oder hineinzubringen.

32. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bearbeitung oder dem Zusammenbau die Ziele verfolgt werden, während der Bearbeitungs- oder Zusammenbauschritt durchgeführt wird, um Ortsdaten des Gegenstandes zu der Maschine zurückzuführen.

33. Verfahren nach Anspruch 1, 18 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bearbeitung ein Schweißen, Schleifen, Schneiden, Härten oder alle anderen Arten einer Materialentfernung, Hinzufügung oder Umwandlung von Material erfolgen.

34. Einrichtung zur Bestimmung des Abstandes oder der Winkelorientierung von Gegenständen, gekennzeichnet durch eine erste Lichtquelle,

eine erste Linseneinrichtung zur Abbildung der genannten ersten Lichtquelle auf eine erste Zone auf einer Teiloberfläche,

eine zweite Lichtquelle, die so positioniert ist, daß bei Abbildung durch die erste Linseneinrichtung eine zweite Zone auf der Oberfläche gebildet wird, die einen Einfallswinkel hat und einen Fokussierabstand, die von denen der ersten Zone verschieden sind,

wenigstens eine zweite Linseneinrichtung zur Bildung eines Bildes wenigstens einer der Zonen auf einer Bildabtasteinrichtung, die dazu dient, den Ort des Bildflecks zu bestimmen und Auslesemittel zur Bestimmung des Ortes des Gegenstandes aus der Position wenigstens einer der genannten Zonenbilder.

35. Einrichtung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquellen Diodenlaser sind, die über eine Faseroptik entfernt angeordnet sind.

36. Einrichtung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildabtasteinrichtung durch eine Faseroptik entfernt angeordnet ist.

37. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Gegenstand auf einer Förderstraße bewegt oder einen Teil einer Förderstraße bildet.

38. Verfahren nach Anspruch 1, 18, 20, 26 oder 34, dadurch gekennzeichnet, daß der elektro-optische Taster eine Kamera mit einer Fotodetektoranordnung ist.

39. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Roboter zum Zusammenbau/von der Maschine zugeführten Gegenständen dient.

40. Verfahren nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine einen Förderer entläßt, um so die Gegenstände zuzuführen.

41. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Gegenstand einen Identifikationscode aufweist, der darüber hinaus abgetastet wird, um die Art des Gegenstandes oder der Gegenstände innerhalb des Gegenstandes zu erkennen.

42. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß der Code Daten in bezug auf das Ziel oder die Bearbeitungscharakteristiken des Gegenstandes oder der Gegenstände enthält.

43. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Ziele in einer solchen Weise gebildet sind, daß sie den Code bilden.

44. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel ein Greifer mit einem Reflektor an seinem Kopf ist.

45. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitung im Schleifen von Blei auf Fahrzeugkörpern besteht.

46. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Ziele auf verschiedenen Gegenständen verwendet werden, die zusammengesetzt oder in anderer Weise vereinigt werden sollen.

47. Verfahren zur Bestimmung der Position eines Gegenstandes, gekennzeichnet durch

Schaffung eines Gegenstandes mit einem darauf befestigten, langgestreckten, lichtleitenden Teil, das einen Lichtaufnehmenden Teil und einen lichtabgebenden Teil aufweist,

Richten von Licht von einer Lichtquelle auf den Lichtaufnehmenden Teil des langgestreckten, lichtleitenden Teils, so daß Licht entlang dem langgestreckten Teil übertragen und von dessen lichtabgebendem Teil ausgestrahlt wird,

Verwendung einer lichtabtastenden Einrichtung mit einem lichtempfindlichen Teil, das ein Ausgangssignal abgibt, das von dem darauf auftreffenden Licht abhängt,

Positionierung des Gegenstandes und der lichtabtastenden Einrichtung relativ zueinander, derart, daß von dem lichtabgebenden Teil des langgestreckten, lichtleitenden Teils abge-



strahltes Licht auf die Lichtabstastende

Einrichtung auftrifft und

Bestimmung der Position des Gegenstandes  
aus dem abgetasteten Licht.

48. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet,  
daß das langgestreckte, lichtleitende Teil eine Faser-  
optik ist.

49. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet,  
daß das langgestreckte, lichtleitende Teil ein faser-  
optisches Bündel ist.

50. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet,  
daß das langgestreckte, lichtleitende Teil wenigstens  
teilweise in dem genannten Gegenstand eingebettet ist.

51. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet,  
daß ein weiterer Gegenstand an einem Ort vorhanden ist,  
der relativ zu dem Ort des zuerst genannten Gegenstandes  
bekannt ist, und daß der Ort des weiteren Gegenstandes  
von dem bestimmten Ort des erstgenannten Gegenstandes  
und den bekannten relativen Positionen des erstgenannten  
und der weiteren Gegenstände bestimmt wird.

52. Einrichtung zur Bestimmung der Position eines Gegen-  
standes, gekennzeichnet durch

einen Gegenstand mit einem langgestreckten,  
lichtleitenden Teil, das an dem Gegenstand  
befestigt ist und ein Lichtaufnehmendes Teil  
und ein Lichtabgebendes Teil aufweist,

eine Lichtquelle zur Beleuchtung des Lichtauf-  
nehmenden Teils des genannten langgestreckten,  
lichtleitenden Teils, wodurch Licht entlang dem  
langgestreckten Teil geleitet und von dem Licht-  
abgebenden Teil abgestrahlt wird,

eine Lichttasteinrichtung mit einem lichtempfind-  
lichen Teil, das ein Ausgangssignal in Abhängig-  
keit von dem darauf auftreffenden Licht abgibt,

Mittel zur Positionierung des Gegenstandes  
und der Lichttasteinrichtung relativ zueinander,  
derart, daß von dem Lichtabstrahlenden Teil des  
langgestreckten, lichtleitenden Teils abgestrahltes  
Licht auf die Lichttasteinrichtung fällt, und  
eine Einrichtung zur Bestimmung der Position  
des Gegenstandes aufgrund des abgetasteten Lichts.

53. Einrichtung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet,  
daß das langgestreckte, lichtleitende Teil eine Faser-  
optik aufweist.

54. Einrichtung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß das langgestreckte, lichtleitende Teil ein faseroptisches Bündel aufweist.

55. Einrichtung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß das langgestreckte, lichtleitende Teil wenigstens teilweise in dem Gegenstand eingebettet ist.

56. Gegenstand mit daran befestigten Mitteln, die abtastbar sind, um die Position des Gegenstandes zu bestimmen, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Bestimmung der abtastbaren Position ein langgestrecktes, lichtleitendes Teil aufweisen, das einen lichtaufnehmenden Abschnitt im Bereich einer Oberfläche davon und einen lichtabgebenden Abschnitt im Bereich einer Oberfläche benachbart dazu aufweist, wodurch auf den lichtaufnehmenden Abschnitt auftreffendes Licht entlang dem langgestreckten, lichtleitenden Teil geleitet und von dem lichtabstrahlenden Abschnitt davon abgestrahlt wird.

57. Gegenstand nach Anspruch 56, dadurch gekennzeichnet, daß das langgestreckte, lichtleitende Teil ein faseroptisches Bündel ist.

58. Gegenstand nach Anspruch 56, dadurch gekennzeichnet, daß das langgestreckte, lichtleitende Teil wenigstens teilweise in dem Gegenstand eingebettet ist.

59. Gegenstand nach Anspruch 56, gekennzeichnet durch einen weiteren Gegenstand in einer Position, die in Bezug zu der Position des zuerst genannten Gegenstandes bekannt ist, und durch Mittel zur Bestimmung der Position des weiteren Gegenstandes aus der bestimmten Position des ersten genannten Gegenstandes und der bekannten relativen Positionen des erstgenannten Gegenstandes und der weiteren Gegenstände.

60. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß das von dem langgestreckten, lichtleitenden Teil abgestrahlte Licht mittels einer Linse auf die Lichtasteinrichtung geworfen wird.

61. Verfahren nach Anspruch 1, 18 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzliche Ziele auf dem Gegenstand vorgehen werden, um eine ausreichende bildmeßtechnische Auflösung im Falle einer Zerstörung eines oder mehrerer der Ziele sicherzustellen.

62. Verfahren nach Anspruch 1, 18, 20 oder 61, dadurch gekennzeichnet, daß optimal ausgewählt wird, welche Ziele zur Gewinnung des Ortes des Gegenstandes verwendet sind.

63. Verfahren nach Anspruch 1, 61 oder 62, dadurch gekennzeichnet, daß vorweg bestimmt wird, welches der Ziele verwendbar ist.

64. Einrichtung zur automatischen Handhabung, Bearbeitung eines Gegenstandes oder zum automatischen Zusammenbau, gekennzeichnet durch

Zielmittel auf dem Gegenstand,

Automationsmittel zur Positionierung eines Greifers, eines Teils oder eines Werkzeuges in der Nähe des Gegenstandes,

Computermittel zur Steuerung der Positionierungseinrichtung,

elektro-optische Tastmittel zur Bestimmung der Position von Zielen auf dem Gegenstand relativ zueinander, wobei die Tastmittel mit den Computermitteln verbunden sind,

Programmmittel zur Aufnahme der Eingangssignale von den elektro-optischen Tastmitteln und um die Automationsseinrichtung zu veranlassen, den Greifer, das Teil oder das Werkzeug zu bewegen, um den Gegenstand zu handhaben, zu bearbeiten oder zusammenzusetzen.

65. Verfahren nach Anspruch 1, 18 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß Anwesenheit oder Ort des Zieles auf dem Gegenstand geprüft wird.

66. Verfahren nach Anspruch 1, 18 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß in einer gesonderten Station der Ort der Ziele auf dem Gegenstand abgetastet wird, wenn sich der Gegenstand in einer bekannten Position befindet.

67. Verfahren nach Anspruch 65 oder 66, dadurch gekennzeichnet, daß Anwesenheits- oder Ortsdaten des Zieles an den Roboter, die Maschine oder Automationsseinrichtung geliefert werden, um eine höhere Genauigkeit bei der Steuerung derselben zu erreichen.

Dipl.-Ing. Sigurd Leine · Dipl.-Phys. Dr. Norbert König  
Burchardstraße 1  
D-3000 Hannover 1  
Telefon (0511) 42 50 05

Unser Zeichen: 820/83 29. Dezember 1982  
Datum

Diffraeto Limited

Verfahren und Einrichtung zur automatischen  
Handhabung oder Bearbeitung oder zum  
automatischen Zusammenbau von Gegenständen

Die Erfindung bezieht sich auf Verfahren und Einrichtungen zur Bestimmung der Position eines Gegenstandes und zur Steuerung von Robotern oder anderen Automationseinrichtungen zur Handhabung oder Bearbeitung eines Werkstücks.

Es gibt viele Beispiele, bei denen es erwünscht ist, die Position eines Gegenstandes zu kennen. Auf dem Gebiet der Fertigung gehört zu solchen Fällen die Position eines Gegenstandes entlang einer Massenfertigungsstraße, insbesondere einer solchen, die in hohem Maße automatisiert ist. Bei einer Massenfertigungsstraße ist es häufig erforderlich, den Ort eines Gegenstandes, der an einem Transportsystem aufgehängt ist, mit hoher Genauigkeit zu kennen. Dies gilt insbesondere bei automatisierten Systemen, die Roboter verwenden, für die es grundsätzlich erforderlich ist, daß sich der Gegenstand in einer bekannten Position relativ zu dem Roboter befindet,

SL/K

-21-

bevor der Roboter eine gewünschte Handhabung an dem Gegenstand ausführen kann.

In einigen Fällen werden mechanische Einrichtungen zur Positionierung und/oder Orientierung des Gegenstandes in einer genauen Lage zur automatisierten Handhabung verwendet. Bei vielen Anwendungsfällen ist es jedoch erforderlich, ein "Bild" zu machen, um die Position eines Gegenstandes zu bestimmen. Dies gilt insbesondere für den Fall von Robotern, die Myriaden von physikalischen Manipulationen durchführen können, alles automatisch. Auf dem Gebiet der Roboter ist es wohlbekannt, daß ein robotergeeignetes "Bild" zu den Haupthindernissen für eine weitergehende Anwendung von Robotern gehört, die zur Zeit hinsichtlich der Manipulationen, für die sie geeignet sind, sehr kompliziert sind.

Besonders groß ist das Problem in Anlagen, die Roboter zur Handhabung oder Bearbeitung von / Teilen auf fortlaufenden Fördermitteln. Da solche Fördermittel in Anlagen aller Art allgegenwärtig sind, muß dieses Problem gut gelöst werden, wenn eine umfangreiche Anwendung von Robotern Realität werden soll.

Dabei gibt es viele Arten von elektro-optischen maschinellen Betrachtungssystemen, die verwendet werden können. Geschichtlich gesehen basieren diese Systeme auf der Betrachtung der Reflexion von Gegenständen über ihre Grauskalapegel hinweg, was außerordentlich schwierige Probleme mit sich bringt. Der Trend geht daher zu immer komplizierteren Systemen, was der Zuverlässigkeit von guten Anlagen zuwiderläuft.

Der Erfinder war z.B. bei der Installation von nahezu 1000 elektro-optischen Tasteinheiten in Anlagen zur Prüfung

-22-

verschiedener Art beteiligt. Beträchtliche Schwierigkeiten ergaben sich, wenn solche mit elektro-optischer Abbildung arbeitenden Taster zur Gewinnung von Werkstückbildern verwendet wurden, insbesondere bei Reflexion.

Wenn man berücksichtigt, daß dieses auf Robotern basierende System eine weit höhere Zuverlässigkeit erreichen muß als selbst diese auf Prüfung basierenden Einheiten, damit es das Produkt nicht beschädigt, auf den Boden fallenläßt usw., wird klar, daß ein einfaches und zuverlässiges Mittel erforderlich ist, um diese Probleme zu lösen. Dies ist die Aufgabe, die der Erfindung zugrundeliegt.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 angegebene Lehre gelöst.

Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, eine Lösung zu ermöglichen, bei der das Problem in einfacher Weise auf mit Zielen oder Markierungen versehene Gegenstände begrenzt wird. Dies führt dann zu der Möglichkeit der Verfolgung der Teile oder Behälter, der so markierten Fördermittel, möglicherweise unter Verwendung weiterer Taster, sofern erforderlich, um Teile oder Gegenstände innerhalb dieser Behälter, Greifer oder dergleichen aufzufinden.

Die Lehre der Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Bestimmung der Position eines mit einem Ziel oder einer Marke versehenen Gegenstandes oder Gegenstandsträgers. Insbesondere soll die Möglichkeit geschaffen werden, ein robotergeeignetes "Bild" zu gewinnen und praktisch darauf das System aufzubauen.

Die Lehre der Erfindung geht weiter dahin, nicht nur

einfach die Halterungen selbst und die Teile innerhalb der Halterung, sondern auch Behälter und Teile anderer Art mit einem Ziel oder einer Markierung zu versehen und sie zu identifizieren, z.B. Körbe, Schalen, Kartons, Greifwerkzeuge, Teile in Warenhausbehältern und natürlich Teile selbst.

Darüber hinaus befaßt sich die Erfindung mit Markierungsmaterialien, die nicht Faseroptiken sind, nicht nur übertragende Materialien anderer Arten, sondern Gegenstände wie beispielsweise Glaskugeln, gebohrte Facetten, Gußzapfen und dergleichen.

Des weiteren befaßt sich die Erfindung mit anderen Mitteln der Abtastung, die verbesserte Positionen und Daten von Zielen oder Marken liefern können. Von besonderem Interesse sind solche Mittel in Verbindung mit einer Einrichtung gemäß US-PS 4 219 847.

Weiter gibt die Erfindung speziell an, wie gewisse Teile bei Förderern mit einer oben laufenden Einzelschiene unter zufälligen Bedingungen abgenommen werden können, und zwar mit der hohen Zuverlässigkeit, wie sie bei derartigen Anlagen erforderlich ist.

Des weiteren gibt die Erfindung Mittel zur Markierung der Kanten von Zielen oder Marken zur Verwendung bei Stereokameras oder anderen Abtaetmitteln an, die nicht notwendigerweise auf Punktzahlen oder Marken beruhen.

Die Erfindung gibt Mittel zur Kodierung der verschiedenen Faserengangs- oder -ausgangssignale oder anderer Marken oder Ziele an, und zwar unter Verwendung von Farben oder Modulationsfrequenzen. Dies ist auch möglich mit eingesetzten

Glaskugeln oder Reflektoren.

Schließlich gibt die Erfindung auch an, wie standardisierte Systeme, die auf einer solchen Verfolgung beruhen, in dem gesamten Spektrum der Fertigungsindustrie verwendet werden können, ohne daß größere Änderungen erforderlich sind, solange gewisse Markierungsprinzipien berücksichtigt werden. Dies ermöglicht die breite Verwendung zuverlässiger Führungsroboter zu annehmbaren Kosten.

Die Lehre der Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Seitenansicht eines Überkopf-Fördersystems gemäß der Erfindung,

Fig. 2 zeigt schematisch eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines Hakens 14 gemäß Fig. 1,

Fig. 3 verdeutlicht ein vollständiges System zur Aufnahme und Fortbewegung von Kupplungsteilen weg von Überkopf-Einschienenförderern in einer automatischen Förderanlage. Der Taster ist von der allgemeinen Art, wie sie von Pinkney et al beschrieben worden sind, verwendet zur Verfolgung der Förderträger bzw. des Förderträgers, die von den hier beschriebenen Mitteln verfolgt werden. Vorzugsweise kann ein zusätzlicher Taster oder ein Analysiermittel an dem Roboter verwendet werden, um das Teil innerhalb des Trägers zu finden.

Fig. 4 verdeutlicht Ziel- oder Markierungsausführungen

auf den Trägern, wie sie in Fig. 1 verwendet sind,

Fig. 5 verdeutlicht eine Ausführungsform und zeigt Verfahren zur Markierung einer Kunststofftafel mit eingebauten optischen Fasern,

Fig. 6 zeigt eine Windschutzscheibe für ein Auto mit Fasern zur Kennzeichnung seines Umfanges, die durch Stereoskopkameras abgeleitet werden,

Fig. 7 zeigt einen Teil einer Ausführungsform zur Markierung unter Verwendung von gebohrten Löchern,

Fig. 8 zeigt einen Teil einer Markierungsausführungsform, bei der die Markierungen in das Teil oder Anhängsel daran eingegossen sind,

Fig. 9 zeigt einen Teil einer Markierungsausführungsform, bei der die genannten Markierungen gerichtete oder farbreflektierende Elemente aufweisen, die eingegossen oder eingepreßt sind,

Fig. 10 zeigt ein Robotersystem unter Verwendung von markierten Kästen, die einen zufälligen Abstand auf einem Rollenförderer haben, wobei Markierungen verwendet sind, die entweder auf die Kästen aufgedruckt sind, aus Fasern oder Reflektoren bestehen,

Fig. 11 zeigt Mittel zur Markierung eines Werkzeugs,

Fig. 12 zeigt andere Mittel zur Bildung passender Markierungen und zur Verwendung bei einem zusammen-

gesetzten Karosseriekörper,

Fig. 13 zeigt wiederverwendbare Marken für Teile,

Fig. 14 zeigt ein Verfahren zum Zusammensetzen von Autos gemäß der Erfindung,

Fig. 15 zeigt eine Tasterausführungsform gemäß der Erfindung, und

Fig. 16 und 17

zeigen weitere Ausführungsformen zur Markierung von Teilen.

In Fig. 1 ist ein Gegenstand 10 gezeigt, der in Richtung eines Pfeiles A an einem Überkopf-Fördersystem 11 bewegt wird, das im wesentlichen aus einer Schiene 12 besteht, auf der ein Wagen 13 bewegbar ist. Gegenstand 10 ist in passender Weise an einem Haken 14 an dem Wagen 13 aufgehängt. Haken 14 weist eine Öffnung 15 für eine Schraube 16 zur Befestigung des Hakens 14 an dem Wagen 13 auf. Eine Faseroptik 17 ist innerhalb des Hakens 14 eingebettet und weist ein Licht aufnehmendes Ende 18 in einer Fläche 19 von Haken 14 und ein Licht aussendendes Ende 20 in einer Fläche 21 des Hakens 14 auf. Faseroptik 17 kann irgendein faseroptisches Element sein, beispielsweise eine einzelne Faseroptik oder ein Bündel davon, von denen viele Arten im Handel erhältlich sind. Ein Faserelement aus Kunststoff ist besonders geeignet.

In Fig. 1 sei angenommen, daß es erwünscht ist, die Position des an dem Haken 11 aufgehängten Gegenstandes zu bestimmen, wenn sich Gegenstand 10 an einem allgemeinen Ort 22 in Fig. 1 befindet. Es sei außerdem in Fig. 1 angenommen,

daß Gegenstand 10 sich in einer bekannten Lage relativ zu der Position des Hakens 14 befindet.

Oberhalb der Schiene 12 ist eine Lichtquelle 23 angeordnet, die Licht nach unten richtet, derart, daß es auf eine obere Fläche 19 von Haken 14 des Wagens 13 fällt, wenn sich ein Wagen unterhalb der Lichtquelle befindet.

Ein Lichtdetektor 24, in diesem Falle eine Fotodetektorkamera mit einer Abtastmatrix und mit einer Linse und einer Detektoranordnung, bestehend aus einer Vielzahl von horizontalen Reihen von diskreten Fotodioden, ist in der Nähe des Förderers so angeordnet, daß er sich benachbart zu dem Haken 14 befindet, wenn der geförderte Gegenstand 10 sich im wesentlichen in der Position 22 befindet. Befindet sich der geförderte Gegenstand in der Position 22, so wird das lichtmittlere Ende 20 der Faseroptik 17 von der Kameralinse 40 auf der Matrixanordnung abgebildet, die eine wirkliche Zeitinformation in Bezug auf den Ort des Hakens 24 liefert.

In einem typischen Falle, wie er in Fig. 1 verdeutlicht ist, wird vom Ende 20 ausgesandtes Licht 25 so abgebildet, daß es einen Fleck 25 auf vier benachbarte Fotodioden der Anordnung 24 bildet. Während die Fotodiodenanordnung abgetastet wird, wird ein Ausgangssignal 26, das von der Position des Flecks von Licht 25 auf Anordnung 24 abhängt, zu einer passenden Einrichtung 27, beispielsweise einem Mikrocomputer, übertragen, um die Position des Hakens 14 und somit die des Gegenstandes 10 in Bezug zu irgendeiner bekannten Position, beispielsweise der Position eines Roboters oder der Position der Detektoranordnung 24, zu bestimmen.

Ein von der Position des Hakens 14 und/oder Gegenstandes 10 abhängendes Signal 28 wird dann zu einer passenden Robotersteuereinrichtung zur Steuerung eines nicht gezeigten Roboters zur Manipulation des Hakens 14 des geförderten Gegenstandes 10 übertragen. Ein den Roboter steuerndes Signal 29 enthält somit eine Positionsinformation in Bezug auf den Haken 10 oder Gegenstand 14, der von dem Roboter zu manipulieren ist.

Es ist offensichtlich, daß die Matrixanordnung gemäß Fig. 1 eine Positionsinformation in den x- und y-Richtungen in der Ebene der Zeichnung liefert. Es ist genauso einfach möglich, eine Information über die Position in der z-Richtung zu bilden. Zum Beispiel kann, wie das in gestrichelten Linien in Fig. 1 und 2 gezeigt ist, ein weiteres faseroptisches Element 30 in dem Haken 14 eingebettet sein, das sich von einer horizontalen oberen Fläche 19 zur Vorderfläche 31 erstreckt, die sich vertikal und quer zur Ebene der Zeichnung erstreckt.

Somit würde eine weitere lineare Fotodetektoranordnung, die zum Auffangen von von dem lichtemittierenden Ende 32 der Faseroptik 30 abgegebenen Lichtes angeordnet ist, ein Signal liefern, das die Position des Hakens 14 und somit des Gegenstandes 10 in der z-Achse liefert, d.h. senkrecht zur Ebene der Zeichnung. Dieses Signal würde in der gleichen Weise wie Signal 26 verarbeitet, um eine dreidimensionale Bestimmung der relativen Lage des Förderhakens und/oder des aufgehängten Gegenstandes wie auch die Lage relativ zu dem Roboter durchzuführen. Alternative Mittel zur Verwendung zusätzlicher Marken

zur Schaffung dreidimensionaler Daten in Bezug zu der Lage des Hakens unter Verwendung von mehreren Marken sind nachfolgend beschrieben.

Bei der Ausführungsform gemäß den Fig. 1 und 2 ist das langgestreckte, lichtleitende Mittel in dem Haken 14 eingebettet. In einigen Fällen, wo Haken 14 ein monolithischer gegossener Metallgegenstand ist, kann es zweckmäßiger sein, die Faseroptik in irgendeiner anderen Weise an dem Haken zu befestigen, beispielsweise ganz einfach durch Ankleben oder eine andersartige Anbringung an der Außenfläche. In diesem Falle ist es jedoch zweckmäßig, ein Gehäuse für die Faseroptik zur Vermeidung von Schäden anzubringen. Dieses wird in einfacher Weise durch Schaffung einer Rille oder eines Schlitzes in der Oberfläche des Hakens erreicht, in die das langgestreckte lichtleitende Teil eingelegt und nachfolgend mit einem schützenden Material, vorzugsweise durchscheinend, abgedeckt werden kann.

Wird die Erfindung zur Bestimmung der Position eines von gleichen Gegenständen verwendet, beispielsweise die Position einer Vielzahl von identischen Haken 14, so ist es zweckmäßig, die Position des lichteausendenden Endes oder der Enden des langgestreckten lichtleitenden Teils jedesmal im wesentlichen in der gleichen Lage an dem Gegenstand anzuordnen. Wo das praktisch nicht möglich ist oder wo genauere Positionsbestimmungen erforderlich sind, kann die Position der lichtleitenden Bezirke jedes Gegenstandes geichet werden.



Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 sind die leitenden Teile am dem Haken 14 befestigt. Es ist natürlich auch möglich, die genannten Teile an dem aufgehängten Gegenstand 10 zu befestigen. Im zuletzt genannten Falle wird die Position des aufgehängten Gegenstandes 10 direkt bestimmt, während dies im zuletzt genannten Falle indirekt durch Bestimmung der Position des Hakens 10 erfolgt und dadurch, daß die Position eines aufgehängten Gegenstandes relativ zum Haken 10 bekannt ist.

Fig. 3 verdeutlicht die grundlegende Anwendung der Erfindung auf einem gewichtigen Sektor der Roboterverwendung, nämlich bei dem Aufnehmen oder Absetzen von Teilen in kontinuierlich geförderte Behälter oder Transportmittel. Weltweit wird beträchtliche Arbeit bei dieser Handhabungsprozedur geleistet. Darüber hinaus fordern viele Zusammenbauvorgänge von einem Menschen, daß er zunächst ein Teil beispielsweise von einem Förderer abnimmt (beispielsweise einem Überkopf-Einschienefförderer, wie hier gezeigt) und es mit einem anderen Teil zusammensetzt. Er mag dann das Teil auf den Förderer zurücksetzen haben. Mit anderen Worten, nur wenn das Problem des Zusammenwirkens mit dem Förderer gelöst werden kann, kann der Zusammenbauvorgang automatisiert werden.

Eine spezielle Ausführungsform der Erfindung ist hier gezeigt, die dazu verwendet wird, Teile von Übertragungskupplungen von einem Überkopf-Einschienefförderer abzunehmen. In diesem speziellen Träger 200 befinden sich zwei

Teile 201 und 202, die in einer Tasche des Trägers ruhen. Um die Kosten niedrig zu halten, sind die Träger typischerweise aus Profilstahl, gebogenen Stangen usw. hergestellt und sie decken sich nicht in irgendeiner Richtung präzise. Darüber hinaus werden sie oft an einer Überkopfschiene 205 gefördert und können schwingen in Richtung der Bewegung, seitlich dazu oder sich um begrenzte Winkel drehen. Sie können ohne weiteres hinsichtlich ihrer Position von dem Bezugspunkt des Einschienefförderungers um  $\pm 1$  cm im Laufe der Zeit abweichen, und sie weichen auch aufgrund von Reparaturen, Austauschen usw. ab.

Versucht man dann, hochgenaue Förderer herzustellen, so ist es von außerordentlichem Interesse, ein Robotersystem zu schaffen, das mit dieser speziellen Art von Förderer zusammenarbeiten kann und nicht nur vorhandene Anlagen ersetzen kann, sondern das auch die weiteren Fördererkosten niedrig hält gegen den Preis von gewissen zusätzlichen Verkomplicierungen in der Hardware des Roboters. Wie sich das am besten aus dem vorliegenden Beispiel ersehen läßt, liefert die Ausführungsform der Erfindung ein System, das mit geringen Kosten aufgebaut werden kann, die wesentlich geringer sind als die, die entstehen, wenn man präzise Förderer in Verbindung mit Robotern ohne die Erfindung schafft.

Wie das in der Draufsicht gezeigt ist, ist ein Roboter 210 so angeordnet, daß er das Teil von diesem speziellen Einschienefförderer herunternimmt, indem er eines der beiden Teile in diesem bestimmten Träger auswählt. Zu einer späteren

Zeit möge er irgendeines der Teile 220-223 auswählen, die in einem weiteren Träger 225 auf dem gleichen Einschienenförderer eingeordnet sind, die mit dem ersten Teil zusammen gesetzt werden sollen. Zum Beispiel dient Roboter 350 zum Zusammenbau der von dem Roboter 210 von dem Förderer heruntersgeschobenen Teile.

Der Roboter 210 kann von irgendeiner speziellen Art sein. Ein Roboter mit kartesischen Koordinaten ist jedoch im allgemeinen zweckmäßig, und eine spezielle Art davon ist zu diesem Zweck in der Zeichnung gezeigt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, das Robotern mit Polarkoordinaten verwendet werden können, obwohl sie eine sehr viel kompliziertere Steuerung erfordern. Ein Polarkoordinaten-Roboter auf sich bewegenden linearen Schlitten parallel zu dem Förderer kann ebenfalls verwendet werden, jedoch erfordert das zusätzliche Kosten.

Wie gezeigt, weist der mit kartesischen Koordinaten arbeitende Roboter 210 einen Arm 231 auf, der sich in bezug zu der Förderstraße 205 heraus und zurück bewegt, und er bewegt sich entlang einer x-Achsen-Führung 232 parallel zu dem Förderer. Diese dritte Achse ist die vertikale oder z-Achse aus der Ebene der Zeichnung 234 heraus.

Bei dieser Erfindung ist der Träger bei diesem Beispiel mit vier Marken versehen, die in diesem Falle an den vier Ecken des Trägers 240-234 angeordnet sind. Diese Marken oder Ziele können irgendeine Art haben, wie sie in dieser Anmeldung beschrieben ist. Die Verwendung von vier solcher Marken ist nicht erforderlich, jedoch in vielen Fällen zweckmäßig, um

eine volle 6-Achsen-Auflösung der Lage des Gegenstandes zuverlässig zu liefern. Die drei Marken oder Ziele reichen aus, um dies allein zu lösen. Der Träger weist in diesem Falle zweckmäßigerweise auch eine Führungsschiene 245 unterhalb des Trägers auf, die gewisse mechanische Führungen, wie beispielsweise 250 und 251, berühren kann, um die seitliche Bewegung zu verhindern. Diese Führungen sind auch in Endansicht in Fig. 4 gezeigt. Sie können auch federbelastet sein, wie das bei 251 gezeigt ist, um die Schiene gegen die stationäre Führung 250 zu drücken. Eine Einführung in die Führungen ist in der Draufsicht gezeigt.

Fig. 3 und 4 zeigen Marken wie die vier, die an dem Träger befestigt gezeigt sind. In diesem Falle liefern diese Marken ein Signal, auf das die abtastende Kameraeinheit 260 einrasten kann. Diese Kameraeinheit kann entweder auf dem Roboterarm 261 oder außerhalb zu dem Roboter wie bei 260 angeordnet sein (gezeigt in seitlicher Anordnung, jedoch ebenfalls angeordnet oberhalb der Station). Befindet sie sich außerhalb des Roboters, so mag es außerdem wünschenswert sein, Marken wie beispielsweise blitzende Leuchtdioden 265 auf dem Ende des Roboterarms zu verwenden, die ebenfalls verfolgt werden können, um relative Daten zu gewinnen. Beide Arten 260 und 261 können dazu verwendet werden, Daten bezüglich verschiedener Betrachtungspunkte zu liefern.

Ist der Robotertaster 260 auf den Träger eingerastet (oder einem anderen Gegenstand, s. die nachfolgende Ausführungsform), so kann er dann diesen Förderer verfolgen, sogar in seinen seitlichen Bewegungen, und zwar in zuverlässiger

Weise aufgrund des sehr hohen Signal/Störverhältnisses der Marken, wie das nachfolgend diskutiert wird. Dies ist in hohem Maße Überlegen einer Betrachtung der Teile oder Träger aufgrund ihrer Grauegelbilder bei dieser Art des Schweinens und ungewisser Umgebung. Die angegebene PINKNEY et al oder andere fotometrische Lösungen können Daten mit hoher Auflösung bis zu sechs Koordinaten liefern, nämlich, x, y, z, Rollen, Gieren und Wicken. Dies ist vollständig ausreichend und auch mehr als ausreichend, um die Sache zu erledigen, insbesondere dann, wenn Führungen, wie beispielsweise die Führungsschienen 250, 251, verwendet werden, um die Bewegung in einer oder mehreren Achsen einzuschränken.

Nachdem die Hauptkamaraeinheit 260 auf den Förderer eingestastet ist, um seine Position zur Eingabe in den Steuerrechner 280 des Roboters zu errechnen, so kann ein zweites System, beispielsweise 261, das entweder eine andere Kamera oder einfach eine andere Beleuchtung, Kreise usw. verwendet, angeben, wo sich das Teil in dem Träger befindet.

Ein wichtiges Merkmal der Erfindung ist die Verwendung einer Kamaraeinheit zur Verfolgung des markierten Förderers (oder eines anderen Gegenstandes), während ein zweites Untersystem, selbst mit der gleichen Kamera, das Teil innerhalb des Förderträgers oder darauf abtastet. Eine solche zweite Kamera oder ein Untersystem kann bis zu fünfstufige Daten liefern (x, y, Entfernung, Rollen und Gieren). Dieses System kann sich direkt in dem Greifer befinden.

Die Abtastung, wo sich das Teil in dem Träger befindet, braucht nicht notwendigerweise in der Roboterstation zu er-

folgen. Es kann in Förderrichtung davor erfolgen, und zwar unter Verwendung beispielsweise einer Tastkamera 262. Dies dient dem zusätzlichen Zweck, dem Robotersystem zu signalisieren, wenn irgendeine unvorhergesehene Situation vorliegt, um so den Versuch abzubrechen, das Teil zu greifen. Dabei kann es sich um einen beträchtlich beschädigten Träger, einen Träger mit überhaupt keinen Teilen darin, einen Träger mit dem falschen Teil usw. handeln. Eine Erkennung des Teils kann somit natürlich geschehen, wie auch die Abtastung seines Orts auf dem Träger, der Palette oder dergleichen.

Nachdem einmal die Entscheidung gefallen ist, wo sich das Teil befindet und daß es sich um ein richtiges Teil handelt, bewegt sich der Roboter herein, um es abzunehmen oder umgekehrt ein anderes Teil zurück in den Träger zu setzen. In diesem Falle nimmt der Steuerrechner 280 des Roboters die Daten bezüglich der Positionskoordinaten des markierten Trägers und datiert die Information des Roboters fortwährend auf. Mit kartesischen Koordinatenachsen ist es besonders einfach, dies zu machen, da man ganz einfach parallel zu dem Förderer (x-Richtung) laufen und nur die Unterschiede in der Position relativ zu der parallelen Linie der Bewegung aufnehmen kann. Dies kann zwar ebenfalls mit einem Polarkoordinatensystem geschehen, jedoch ist das dynamisch sehr viel schwieriger durchzuführen. In jedem Falle braucht man nur den Träger in einem nahen Taster unter Verwendung des Greifers und möglicherweise anderer Taster zu verfolgen, um die Differenz aufzunehmen.

Die Lösung mit der Verfolgung der Marke, beispielsweise unter Verwendung von Hardware wie die gemäß Pinkney et al oder mit einer Doppelsterneolösung mit zwei Kameras, kann unter Verwendung einer Kamera zur Verfolgung sowohl des Greifers als auch des Trägerförderers (oder Teils) und/oder mit einer Kamera erfolgen, die auf dem Roboterarm selbst angeordnet ist. Der Grund dafür, warum dies so erfolgreich ist, liegt darin, daß er Ziele oder Markierungen verfolgt, die selbst in einer industriellen Umgebung hohe Sichtbarkeit hat und beibehält. Diese Markierungen können durch Intensität, Farbe oder Form unterschieden werden. Jede und alle können durch dieses System benutzt werden.

Zum Beispiel kann bei der Seitenansicht gemäß Fig. 4 Licht 300 von einer Lichtquelle 301 hinter dem Träger erzeugt werden, das Markierungen 240-243 an den vier Ecken (oder irgendwelchen anderen Stellen) beleuchtet. Diese Markierungen können einfache Ausnehmungen in Platten, wie beispielsweise Kreise, Quadrate, Dreiecke usw., sein, was auch immer unterscheidbar sein möge, und sie können durch eine Betrachtungskamera 260 oder 261 in Verbindung mit einem Rechner bestimmt werden. Eine dreieckige Öffnung 302 in einer Markierungsplatte 241 ist zur Verdeutlichung gezeigt.

Die Markierungen können auch aus Farbfiltern 305 bestehen, und natürlich kann eine verschiedene Farbe für jede verschiedene Markierung 240-243 oder verschiedenen Teil-

träger verwendet werden, um automatisch zu kodieren, was ist, wenn dies ein Problem ist, wie es in gewissen mehr universellen Anwendungsfällen der Fall sein möge. Wird in diesem Falle eine weiße Lichtquelle 300 verwendet, ist die Farbe der Markierung ein unmittelbarer Indikator. In einigen industriellen Umgebungen mag es jedoch schwieriger sein, farbige Filter sicherzustellen als einen einfachen Schlitz.

Mit der Lichtquelle von hinten mag es wünschenswert sein, einen Zerstreuer, wie beispielsweise ein gekörntes Glas 310 (gestrichelte Linien) in dem Schlitz oder in der Nähe des Schlitzes (jedoch nicht notwendigerweise auf dem Träger) anzuordnen, derart, daß das Licht über einen Bereich von Richtungen erstreckt wird. Andere mehr richtende Zerstreuer, wie beispielsweise Beugemuster, prismatische Einrichtungen und dergleichen, können ebenfalls verwendet werden, wo mehr Licht an bestimmten Winkelorten, wie beispielsweise dem Annäherungspfad des Roboters oder in der Richtung der Kamera 260, erwünscht ist.

Es ist natürlich auch möglich, auf einer Faseroptik basierende Markierungen gemäß den Fig. 1 und 2 zu verwenden.

Eine letzte Art von bei einem System wie diesem brauchbaren Markierungen ist eine zurückreflektierende Markierung, beispielsweise ein prismatischer Kunststoffreflektor, ein reflektierendes Klebeband, rechtwinkliges Material und dergleichen. Dies ist bei der Markierung 242 in Fig. 4 gezeigt. In diesem Falle muß ein Lichtfeld 320 geschaffen werden, um dies zu beleuchten. Werden Reflektoren mit hoher

Reflektionsfähigkeit verwendet, so sollte das Licht aus dem gleichen Winkel kommen wie der Taster (z.B. vom 260). Die Lichtquelle kann entweder fest oder auf dem Roboter gehalten sein. Das reflektierte Lichtfeld 321 wird entlang dem Einfallspfad gerichtet.

Es sei nun die Frage der Markierung der Teile selbst oder eines Behälters von Teilen, wie beispielsweise Karton 579, betrachtet, der auf einer Palette in dem Förderer gemäß Fig. 10 wandert, wobei die Markierungen ganz einfach aufgedruckt sind.

Es gibt viele Mittel der Aufbringung solcher Markierungen auf Teile, obwohl dies natürlich etwas schwieriger ist, da man die Funktion des Teils zu beachten hat, wie auch seine ästhetischen Eigenschaften. Vom Standpunkt des Robotersystems jedoch müssen die Markierungen so sein, daß wenigstens drei oder vier der Marken beispielsweise sichtbar sind, um eine befriedigende sechsecksige Auflösung der fotomeßtechnischen Gleichungen zu ermöglichen. Unter gewissen Umständen, unter denen mehr Beschränkungen vorliegen, müssen vielleicht nur ein oder zwei Marken sichtbar sein.

Es sei nun die Beschreibung des Beispiels gemäß den Fig. 3 und 4 fortgesetzt. Es ist manchmal wünschenswert, einen Hilfsroboter 350 zu haben (möglichst mit Polarkoordinaten, wie gezeigt), um Teile wie beispielsweise 202' zu erfassen, die der Roboter 210 aus den Trägern herausgezogen und auf eine Montagehalterung 351 aufgegeben hat. Dieser Roboter setzt dann verschiedene Teile, wie Wellen 220',

zusammen, die ebenfalls heruntergezogen worden sind, und bringt die beiden Teile 202' und 220' zusammen und schiebt dann die zusammengesetzte Anordnung auf einer Schute herunter auf einen Ausgangsförderer 360.

Roboter 210 kann auch dazu verwendet werden, den Zusammenbau durchzuführen, insbesondere wenn er mit einer Drehung um die y-Achse ausgestattet ist. Ein zweifaches Robotersystem ist jedoch schneller, indem eines zusammensetzen kann, während das andere mehr Teile wieder auffindet.

Das Umgekehrte gilt genauso. Der vorhergehende Zusammenbau kann weiterlaufen, während Roboter 210 die zusammengebaute Anordnung auf einen Monoschienenförderer der gleichen Art zurücksetzt. Zum Beispiel kann bei dem vorliegenden Anwendungsbeispiel ein zweiter Förderer unmittelbar unter dem ersten Förderer 205 angeordnet sein, auf den die zusammengesetzten Teile aufgesetzt würden. Dieser Förderer kann auf dem Boden und überkopf angeordnet sein. Roboter 210 könnte ebenfalls um 180° drehen und eine vollständig zusammengesetzte Anordnung auf einen Förderer parallel zu 205 setzen.

Fig. 5 zeigt eine Autotür, die gemäß der Erfindung mit einer Markierung 350 versehen ist und auf einem Förderer 351 wandert. Passiert sie eine Lichtquelle 355, so werden vier Faserenden 359 gleichzeitig beleuchtet, und Licht tritt an den gegenüberliegenden Faserenden 360-363 aus und bildet so die Markierungen. Diese Faserenden sind mit der Türplatte plan, die selbst aus Kunststoff sein kann, so daß die Kunststofffasern mit der Kunststofftür ineinanderlaufen.

Die Licht 370-373 führenden Fasern können unmittelbar in den Kunststoff in der Glasform eingegossen sein. Sie können sich in dem Türblatt befinden, genauso, als wenn sie reguläre Glasfasern in einer SMC (Faserglas)-Tür wären, oder sie können in oder benachbart zu den Rippen der Tür gehalten sein, falls solche vorhanden sind. Gibt es innere und äußere Platten, so können die Fasern dazwischen angeordnet sein.

Eine Kamereinheit 368 blickt auf das Licht von den Faserenden 360-363. Diese Kamera kann über dem Förderer und/oder einem Roboterarm angeordnet sein, der hersinkommt, um die Tür z.B. aufzunehmen.

Die Lichtquelle selbst kann gepulst sein, um ein höheres Signal-zu-Stör-Verhältnis der Markierungen relativ zu dem Umgebungslicht zu schaffen. Jede der Fasern, die die Markierungen bilden, kann Farben übertragen, so daß eine Farbfeststellung möglich ist. Man kann auch die Fasern 370-373 als Bündel von Fasern betrachten. Auch unterschiedliche Anordnungen von Fasern und unterschiedliche Anordnungen der Markierungsenden 360-363 können verwendet werden, derart, daß variierte Codes verwendet würden, um festzustellen, welche weiche ist und um welche Türart es sich handelt usw.

Markierungen in Form von Farbe, Tinte oder anderem Film oder einer anderen Beschichtung können mit Hilfe von Sprühmarkierungspistolen auf Teile aufgesprüht werden. Besonders wirksam in bezug auf schöngeformte Markierungen wie beispielsweise Dreiecke oder andere Dinge, die eine sehr erkennbare

Form haben, ist die Einrichtung nach der US-PS 4 269 874. Eine Markierungsstation auf der Platte kann z.B. dazu verwendet werden, um gewisse Markierungen mit Farbe aufzusprühen. Diese Markierungen können eine spezielle Farbe haben, z.B. fluoreszieren, Infrarot absorbieren oder Ultraviolett reflektieren, was alles dazu führt, daß sie unter gewissen Arten von Beleuchtung unterscheidbar sind. Es kann sich auch sogar um eine klare Beschichtung handeln, die für das Auge unsichtbar ist, jedoch unter bestimmten Beleuchtungen fluoresziert oder vorzugsweise gewisse Wellenlängen absorbiert. Das zuletzt Genannte ist besonders schön für fertig bearbeitete Teile. Es kann jedoch jede Art von Farbe, z.B. auf einer ungestrichenen Tür, verwendet werden, die später lackiert wird, genau so lange, wie sie chemisch kompatibel war oder bei einem normalen Vorbereitungsprozeß entfernt werden würde.

Fig. 5B zeigt eine Farbfilterplatte 380, die vor eine Gruppe 359 von vier Faserenden gemäß Fig. 5 gesetzt ist. Diese Farbfilterplatte hat Filter für rot, gelb, grün und blau, wie das gezeigt ist, die dazu führen, daß Licht, das an jedem der Faserenden 360-363 austritt, beispielsweise diese Farben zeigt. Diese Farben können alle infrarot sein oder irgendwelche anderen Farben sein.

Eine Alternative für die Unterscheidung, um welche Markierung es sich handelt, besteht darin, tatsächlich unterschiedliche Lichtquellen für jede der Fasern zu verwenden und sie mit unterschiedlichen Frequenzen zu modu-

lieren oder Licht auf jede der Fasern aufeinanderfolgend zu pulsen.

Fig. 6 zeigt eine andere Ausführungsform der Erfindung zur Verwendung bei einer Windschutzscheibe 400, deren Kanten wie auch andere Merkmale durch Kameras 405 und 406 betrachtet werden, die zwischen sich einen Winkel  $\theta$  einschließen, derart, daß ein "Stereo"-Eindruck in bezug auf die Eindringtiefe entsteht.

Dieser Stereoeindruck oder irgendein anderer Eindruck dieses Teils gestaltet sich sehr viel einfacher durch Kennzeichnung der Kante des Gegenstandes durch "Verlust"-Fasern 411, die rund um den Umfang des Teils laufen und Licht an jedem Punkt ausstrahlen oder "verlieren", wenn sein Ende durch Lichtquelle 410 beleuchtet wird.

Nachdem die gesamte Kante in diesem speziellen Beispiel gekennzeichnet ist, liegt es auf der Hand, daß nur Abschnitte der Kanten eines Gegenstandes wie diesem für dessen genaue Placierung benötigt werden. Es ist auch genauso zu beachten, daß es eine tatsächliche Messung des Teils selbst gestattet, da die Kontur der Kante der Windschutzscheibe sicherstellen soll, daß sie in die Öffnung dafür in dem Fahrzeug in richtiger Weise paßt.

Die Faser kann in diesem Falle in das Glas der Windschutzscheibe bei der Herstellung eingegossen werden und kann auch eine Glasfaser selbst dadurch sein, daß sie etwas unterschiedliche Charakteristika hat. Diese Faser kann auch wirklich nur ein Teil des gleichen Glases sein, der in einer solchen Weise hergestellt ist, daß er Licht/um den Umfang

der Windschutzscheibe überträgt.

Es liegt auf der Hand, daß diese gleichen Prinzipien bei Kunststoffteilen oder für den gleichen Zweck auch auf Metallteilen verwendbar sind, wo die Faser ganz einfach auf den Umfang des Teils aufgebracht oder nur teilweise durch das Metall überdeckt wird.

Von der Faser ausgesandtes Licht kann Infrarot sein oder irgendeine andere Wellenlänge haben, die für eine bessere Kennzeichnung der Oberfläche wünschenswert ist. Im Falle von Kunststoff kann die Faser so eingebettet sein, daß sie normalerweise bei sichtbarem Licht nicht erkennbar ist, jedoch bei einer Bestrahlung mit Infrarot, das in diesem Falle aus der Faser nach außen durch das Glas oder den Kunststoff austritt und sichtbar ist.

Es können mehr als vier Markierungen, wie in Fig. 5 gezeigt, bei einer Tür verwendet werden, wie auch mehr Zonen als einfach der Umfang des Teiles der Windschutzscheibe, wie bei Fig. 6. Dies sind jedoch die beiden prinzipiellen Beispiele, vier Punkte sind nämlich eine ausreichende Lösung einschließlich einer Zuverlässigkeitsprüfung der sechs Achsen, fotometrische Gleichungen, und natürlich der Umfang ist die wesentliche interessante Sache, wenn eine Betrachtung mit Stereokameras erfolgt.

In Fig. 6 erzeugen viele Fasern Verluste, ganz einfach durch sich selbst. Werden zusätzliche Verluste erforderlich, z.B. wenn sie in eine Matrix eingebettet sind, so können die Fasern z.B. aufgeraut werden.

Natürlich können auch Kunststoffpaletten und -behälter instrumentiert werden. Lichtleitende Fäden können auch in den Kunststoff eines Trägers wie in Fig. 4 eingebaut sein.

Fig. 7 verdeutlicht eine andere Methode zur Markierung von Gegenständen. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung wird ein Zylinderkopf 500, in diesem Falle an der Deckschiene 501, mit Markierungen 502, 505, 506 und 507 an den vier Ecken des Schienendurchmessers versehen.

Markierung 502 wird in diesem Falle durch eine einzige Eindrückung in der Schiene gebildet, beispielsweise durch die konische Oberfläche, die durch einen Bohrer entsteht, wenn er gerade eben das Metall berührt. Eine solche konische Oberfläche reflektiert Licht in Winkel, die von der flachbearbeiteten Oberfläche der Deckschiene selbst verschieden sind, und somit ergibt sich eine ausgezeichnete Kontrastmarkierung, wenn eine Betrachtung in entsprechenden Winkeln erfolgt. Trifft z.B. Licht von Quelle 510, die von dem Roboter 512 gehalten ist, auf die eine solche konische Markierung aufweisende Deckschiene, so wird Licht auf die Kamera 511 von der Markierung zurückgerichtet, die die Standfläche der Markierung mehr oder weniger auf die Kamera 511 gerichtet ist. Licht von der Deckschiene wird jedoch in einem Winkel von der Kamera weg gerichtet. Sie erscheint daher hell gegenüber dem Hintergrund der Deckschiene und gegenüber der Gussoberfläche des Teils. In anderen Fällen würde die Schienoberfläche hell und die konische Oberfläche dunkel sein. Die Tatsache, daß sie ein Konus ist, bedeutet, daß eine Annäherung von irgendeiner

Richtung in der Ebene der Schienenfläche wünschenswert gleiche Resultate ergibt.

In der Draufsicht sind aus Gründen der Illustration verschiedene Gruppen von Markierungen auf jeder der Ecken gezeigt. Es wird jedoch als wahrscheinlich betrachtet, daß in irgendeinem Falle eine Art von Markierung verwendet wird. Zum Beispiel enthält das Markierungselement 505 vier solche konischen Flächen oder zu diesem Zweck vier Markierungen irgendeiner Art, beispielsweise wie sie in Fig. 8 gezeigt sind. In diesem Falle sind natürlich vier Markierungen wesentlich ungewöhnlicher als ein einzelner Punkt, und sie würden unverwechselbar sein in bezug zu irgendeiner Art von Hintergrund, da nichts anderes auf dem Teil eine solche Nestreflexion aufweisen würde. In diesem Falle ergibt das Zentrum der vier Punkte das Zentrum der Markierung.

Das gleiche gilt für 506, bei dem es sich um eine dreipunktige Version handelt, das auch ein Zentrum bildet. Nest 507, das zwei Punkte aufweist und wahrscheinlich unverwechselbar ist, /keinen Zentralpunkt, angenommen in der einen Ebene. In diesem Falle würde daher das Zentrum der Punkte selbst die Antwort in einer Ebene liefern.

Fig. 8 verdeutlicht eine andere Markierungsmethode, ebenfalls in Anwendung in diesem Falle auf einem Zylinderkopf, obwohl natürlich jede andere Art von Teil möglich ist. In diesem Falle ist das Teil gegossen, und es ist gezeigt, daß an dem Zylinderkopf 530 Anhängsel angegossen sind, die beim Zusammenbau oder bei der Funktion des Teiles nicht stören. Diese sind mit 531, 532, 533 und 534 bezeichnet.



Diese Anhängsel sind in der Tat Markierungen und sind natürlich in irgendeiner Betrachtungsweise unwechselbar. Um sie noch unverwechselbarer zu machen, sind gewisse Winkel in ihre Seiten eingegossen. Wie das in der Seitenansicht von 532 gezeigt ist, ist der spezielle Reflexionswinkel quer zur Kopffachse derart, daß bei Projektion von Licht von einem Überkopf-Lichtfeld 535 diese Facetten Licht weg zu einer Kamera in einem bevorzugten Winkel schließen. In diesem speziellen Falle würde das entgegengesetzte 531 in der gezeigten Weise in unterschiedlicher Weise gemacht sein, so daß sie ebenfalls eine Facette in der Richtung haben würde. Die Richtung kann so gewählt werden, daß keine anderen Merkmale auf dem Gegenstand reflektierende Winkel in der gleichen Richtung haben. Mit anderen Worten, für irgendeinen Gegenstand, ganz gleich, worum es sich handelt, würde man in der Lage sein, gewisse Winkel zu finden, in denen Markierungsdaten entweder heller oder dunkler als der Rest des Gegenstandes sind, oder wenigstens sind mit ein Minimum/von anderen Gegenstandsmerkmalen/Winkeln in diesen Richtungen. Dies trägt in der Tat zur Unterscheidung in einer passiven Weise bei.

Ähnlich können gewisse Markierungen in mehr als einer Ebene, beispielsweise 533, so abgeschrägt sein, daß bei Betrachtung aus einem von zwei Winkeln eine hellere Reflexion erfolgt. (Umgekehrt kann die Beleuchtung auch in einem Winkel erfolgen und die Kamera überkopf angeordnet sein.)

Wie außerdem in dieser Zeichnung gezeigt ist, sind Kreuze oder Kreuze als Markierungen so eingegossen, als wenn

sie in einem gesonderten Bohrvorgang gemäß Fig. 7 erzeugt worden wären. Diese sind mit 540, 541, 542 und 543 bezeichnet.

In diesem Falle liefert ein Vorsprung in der Gußform selbst eine passende Vertiefung in dem Teil. Da die Markierungen so gegossen werden können, können sie viele andere Formen haben und nicht nur konische Oberflächen, Löcher oder andere bearbeitete Formen. Zum Beispiel können Kreuzformen wie Facetten einer Kreuzkopfschraube als Markierungen im Gegensatz zu anderen Merkmalen auf den Gegenstand erkannt und unterschieden werden, die eine gewisse Ähnlichkeit zu konischen Formen haben.

Solche Formen brauchen nicht notwendigerweise die Form von Vertiefungen in dem Teil<sup>zu</sup>/haben, es kann sich auch in gleicher Weise um äquivalente Merkmale 545 in Form von Vorsprüngen handeln. Ein solcher Knopf oder Vorsprung auf dem Teil kann jedoch der Funktion des Gegenstandes und seiner Handhabung im Wege sein, wenn er nicht richtig angebracht ist. Es wird daher angenommen, daß, da viele Teile im allgemeinen flache Oberflächen haben, die entweder funktionell bedingt sind oder die Handhabung vereinfachen, das beste Mittel eine Vertiefung in solchen Oberflächen ist, die nicht einem der Zwecke entgegensteht.

Wie in Fig. 8B gezeigt, kann ein in eine Oberfläche 545 des Materials 546 eingebohrter Konus, ein Kreuz usw. auch ein transparentes Kunststofffüllmaterial 550 aufweisen, das darin eingesetzt ist, um so einen Teil oder die gesamte Vertiefung auszufüllen oder sogar einen erhabenen

Teil zu bilden, der aus der Oberfläche 546 vorspringt.

Dieses Kunststoffmaterial dient mehreren Zwecken. Ein Zweck besteht darin, daß es einfach die Oberfläche der Vertiefung vor Rost und Verunreinigungen schützt. Dies kann ganz wichtig sein, beispielsweise bei einem hell-scheinenden gebohrten Abschnitt auf einem Aluminium- oder Stahlgegenstand, der mit der Zeit verfärbt oder rostet.

Ein zweiter Zweck besteht darin, daß das Füllmaterial selbst ein unterschiedliches optisches Element im Bereich des Spiegels darstellt, der durch die Konusoberfläche (Kreuz usw.) gebildet ist und in diesem Falle ein Prisma bildet, das entweder zur Verteilung oder zur Richtung von Licht zweckmäßig ist.

Ein dritter wesentlicher Grund ist der, daß der Kunststoff selber so ausgewählt werden kann, daß er in besonderem Maße Licht nur bei bestimmten Farben reflektiert. Dies ermöglicht dann eine andere Art der Unterscheidung von Markierungen, die auf Farben basiert.

Der prinzipielle Nachteil der Verwendung eines solchen Füllers besteht darin, daß ein gesonderter Arbeitsvorgang erforderlich ist, um den Kunststoff einzubringen, was normalerweise nicht einfach in einer Bearbeitungsstraße erfolgen kann. Eine Ausnahme ist jedoch der Vorgang, bei dem zuerst das reflektierende Loch in den Guß gebohrt, dann Kunststoff ganz einfach in die Löcher eingesprüht wird und dann schließlich ein für die anderen Zwecke erforderlicher Bearbeitungsvorgang durchgeführt wird, der im Laufe der Bearbeitung das überstehende Material abträgt und somit

den Kunststoff mit der Oberfläche des Loches fluchtend zurück läßt. Dabei sind natürlich zusätzlich die Sprühpistolen in dem Arbeitsvorgang erforderlich.

Fig. 9 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für die Markierung, in diesem Falle bei einer Kunststoffkörperplatte 570, die durch ein Lichtfeld 571 beleuchtet ist, das dann durch eine Markierung, die in die Kunststoffoberfläche 572 eingegossen ist, auf eine Kamera 575 gerichtet ist. Die Markierung ist reflektierend und besteht aus einem Beugemuster, das bestimmte Farben oder allgemein Licht aller Farben in Winkeln von der Oberfläche weg richtet. Eine Alternative besteht darin, daß die Markierung 572 aus mehrschichtigen Interferenzelementen, vorzugsweise aus Kunststoff, besteht, die ebenfalls Licht in Vorzugswinkeln in bevorzugten Farbkombinationen ausstrahlen können.

Ist Kamera 575 in der Lage wie eine Farbfernsehkamera, Farben wie auch eine Fleckform abzutasten, so kann sie diese Farben unterscheiden und unverwechselbar identifizieren, derart, daß eine Farbverteilung oder Farbkombination nur von einer solchen Markierung kommen kann. Dies kann sogar bei Anwesenheit eines starken Hintergrundes erfolgen, beispielsweise von der Oberfläche von Gegenstand 570. Solche Farbkombinationen können auch in die Markierungen einkodiert sein, um das Teil 570, seinen Orientierungswinkel usw. zu erkennen.

Anstatt den Kunststoff in das Teil einzugießen, kann er auch ganz einfach auf die Oberfläche des Teiles 578

aufgeklebt werden. Handelt es sich um einen dünnen Reflex-  
torfilm, beispielsweise 578, so braucht er, obwohl er  
hochsteht, nicht die Funktion des Teiles zu stören. Für  
äußere Karosserieplatten aus Kunststoff für Fahrzeuge ist  
jedoch eine bündige Anordnung der Markierung 572 besonders  
zweckmäßig. Diese Markierungen sind nach dem Lackieren des  
Autos überdeckt. Befinden sich z.B. die Markierungen an  
den Türplatten des Fahrzeugs, die zum Zeitpunkt des Lackie-  
rens bereits an dem Fahrzeug angebracht sind, so geht ihre  
Anwesenheit verloren, nachdem das Fahrzeug einmal lackiert  
ist. Die für eine solche Befestigung beispielsweise ver-  
wendeten Markierungen sollten fluchten und keine Störung  
der Oberfläche der Platte hervorrufen, nachdem sie lackiert  
ist.

Markierungen können in die Gegenstände jedoch mit ein-  
bezogen sein, so daß sie tatsächlich einen Teil der Erschei-  
nung des Gegenstandes ausmachen. Die Notwendigkeit der Über-  
deckung der Markierung hängt in hohem Maße von den ästheti-  
schen Eigenschaften des Gegenstandes ab.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, Markierungen zu  
verwenden, die als Markierungen nur unter speziellen Be-  
leuchtungen erkennbar sind, die normalerweise in einer  
menschlichen Situation nicht vorhanden sind. Es sei z.B.  
Markierung 572 betrachtet, die entweder in die Platte ein-  
gegossen sein kann oder zu diesem Zwecke einfach einen Teil  
der Kunststoffoberfläche der Platte selbst sein kann, be-  
handelt mit einem speziellen ultravioletten fluoreszieren-  
den Material. Nur unter ultraviolettem Licht würde dieser  
Markierungsteil der Platte tatsächlich gegenüber der Um-

gebung sichtbar sein.

Dies gilt insbesondere im Falle einer Beugung/Inter-  
ferenz bei Mehrfachschichten, wie oben behandelt, wo der  
Abstand der Linien oder Sprossen des Beugemusters oder des  
Mehrschichtmaterials und der Abstand so gewählt werden kann,  
daß nur unter gewissen Beleuchtungsfarben, und dann vielleicht  
nur unter gewissen Winkeln, das Licht stark in bezug zu der  
Umgebung sichtbar ist. Das würde dann besonders einfach zu  
bewerkstelligen sein, wenn solche Wellenlängen in Ultra-  
violet- oder Infrarot-Bereich gerade außerhalb des Bereichs  
des sichtbaren Lichts liegen. Der nahezu Infrarot-Bereich  
ist ein ausgezeichneter Bereich zur Abtastung beispielsweise  
mit gegenwärtig erhältlichen Festkörperkameras.

Solche Markierungen müssen nicht notwendigerweise ein-  
gegossen sein, sie können auf die Oberfläche auch aufge-  
dampft werden, so daß der vorstehende Teil des Materials  
praktisch vernachlässigbar ist. In rauen Anwendungsfällen  
können solche Markierungen wie beispielsweise 578 ganz ein-  
fach weiße Kreuze von aufgeklebtem Kunststoff sein. Dies  
würde beim fertiggestellten Produkt nicht zu Beanstanden  
sein, wenn beim abschließenden Lackierungsvorgang ein Waschen  
stattfindet, das ganz einfach den Klebstoff und die Markie-  
rung entfernt. Ein Vorteil der Fasertypen gemäß Fig. 5  
besteht darin, daß das Faserende außerordentlich hell und  
mit der Gegenstandsfläche fluchtend sein kann.

Fig. 10 zeigt eine weitere Anwendung der Erfindung  
bei der Verfolgung eines Kartons 579, der mit einem Wagen-  
förderer 590 gefördert wird. Der Karton ist zufällig auf

den Träger placierte, und es ist unter Anwendung programmierbarer Robotermittel erwünscht, den Karton zu greifen und an einer gewissen Station abzugeben.

Um dies zu erreichen, weisen alle Seiten des Kartons aufgedruckte Gruppen von Markierungen 580, 581 und 582 auf, die in der Zeichnung dargestellt sind. Diese Markierungsgruppen können irgendeiner brauchbaren Art sein und immer an dem Karton verbleiben. Das Schöne daran ist, daß sie zur Verfolgung in der Fertigungsanlage, für Roboterwarenhause zwecke und über die gesamte Verteilungskette verwendet werden können, selbst beispielsweise in einem Supermarkt zum Auspacken des Produkts und zum Aufsetzen auf die Regale mittels Robotern. Natürlich können auch Warenpackungen innerhalb des Kartons, beispielsweise Eierkartons, Milchkartons, Dosen usw. für die gleichen zwecke markiert werden, da sie alle aufgedruckte Etiketten oder dergleichen aufweisen.

Während jede Stirnfläche in diesem Falle mit Vier-Punkt-Markierungen gezeichnet ist, können natürlich auch Markierungen mit einer beliebigen Zahl von Punkten oder Zeichen verwendet werden. Der Karton kann auch kodiert sein, um die Waren innerhalb des Kartons anzugeben. Im äußersten Falle würde dies UPC-Codes (z.B. 591) erfordern, und natürlich kann auch ein Miniatur-UPC-Code selbst eine oder mehrere Markierungen bilden. Es ist jedoch anzunehmen, daß die meisten davon wesentlich weniger komplizierte Codes verwenden würden, da normalerweise keine Notwendigkeit für solche großen Mengen von Information besteht.

Es kann genauso gut auch erforderlich sein, die Gegenstände oder Markierungen zu kodieren, da alle verschiedenen Kästen unterschiedliche Markierungsabstände aufgrund ihrer eigenen Form haben würden, und man würde zunächst wünschen festzustellen, um welchen Typ es sich handelte, so daß der Abstand der Markierungen für den Computer des Robotersmechanismus bekannt wäre und in die Berechnungen für die verschiedenen Lösungen der fotomechanischen Gleichungen einbezogen werden könnten.

Es kann beispielsweise auch genauso gut der Fall sein, daß ein spezieller Markierungscode wie beispielsweise 591 verwendet wird, der alle fotomechanischen Lösungsdaten für diesen Karton/zusätzlich eine Kennzeichnung dessen enthält, was sich innerhalb davon befindet. Das Roboterkamerasystem könnte zunächst den Code lesen und daraus die verschiedenen Markierungsdaten für jede der Flächen des Kartons bestimmen, einschließlich für Markierungsform und -größe, Markierungsabstand, wieviele Markierungen vorhanden sind und z.B. für die Form des Produkts selbst, ganz gleich, ob in einem quadratischen Karton oder was man gerade hat.

Fig. 11 zeigt ein ähnliches Konzept, wobei dieses Mal markierte Werkzeuge wie beispielsweise Schleifmaschine 600 verwendet sind, die pneumatisch über einen Luftschlauch 601 angetrieben ist. Es besteht die Aufgabe, daß ein Roboter mit einem Greifer kommt und diese Schleifmaschine aufnimmt und ein Werkstück bearbeitet, z.B. die eingeführten Zonen einer Karosserie an den Verbindungsstellen der Tafeln.

Zu diesem Zweck ist ein Werkzeuggreifgebiet 610 selbst markiert, in diesem Falle unter Verwendung von Markierungen 605, 606, 607 und 608, die durch lichtemittierende Dioden gebildet sind, die ebenfalls über den Luftschlauch 601 gespeist sind. Diese Dioden können entweder fortwährend eingeschaltet sein, sie können geblitzt sein, um ein großes Signal/Störverhältnis zu erreichen, oder flackern, so daß immer nur eine zu einer bestimmten Zeit eingeschaltet ist. Das letztere ist zweckmäßig, wenn Fototaster, die zu einer Zeit nur einen Punkt ansprechen, als kontinuierliche Fleckdetektoren verwendet sind (z.B. UDT SC-10).

Natürlich können auch anstelle der lichtemittierenden Dioden an dem Werkzeug Fasern verwendet werden, um diese Daten den gleichen Punkten von einer oder mehreren entfernten Lichtquellen zuzuführen.

Die Roboterhand mit der Kamera würde sich diesem Werkzeug nähern und mittels der Markierungen das Werkzeug an dem gewünschten Ort ergreifen, in diesem Falle die zylindrische Oberfläche 610, die durch V-förmige Greifer ergriffen würde. Die Markierungen können besonders so angeordnet werden, daß sie diesen Bezirk einschließen, und dies ist eine bevorzugte Art der Markierungsplacierung in einem solchen Falle. Dies ist nicht notwendigerweise erforderlich. Die Markierungen können so placiert sein, daß der Rechner weiß, daß das Greifen genauso gut an irgendeinem anderen Ort auftreten kann.

In diesem Falle kann es auch wünschenswert sein, einen Code 620 zu verwenden. Dieser Code kann die Daten darüber enthalten, wo der Gegenstand zu ergreifen ist, ob das zwischen den Markierungen ist oder anderswo und wiederum um welches Werkzeug es sich handelt und vielleicht auch genauso gut andere Daten.

Markierungen 532 und 531 der Fig. 8 gestatten, wenn sie von dem Gegenstand in einer oder mehreren Ebenen vorstehen, genauere Lösungen der verschiedenen Dreh- und Neigungsdaten, die von dem projizierten Abstand solcher von der Kamera betrachteter Markierungen abhängt. Je mehr jedoch die Markierung von dem fraglichen Teil vorspringt, umso größer ist die Möglichkeit, daß sie hinsichtlich der Handhabung oder ästhetischer Gründe zu beanstanden ist.

Fig. 12 zeigt eine weitere Anwendung der Erfindung beim Zusammenbau von Fahrzeugkarosserien. In diesem Fall ist es erwünscht, eine Deckenplatte 660 auf die Karosserieöffnung zu setzen, die durch Seitenteile 661 und 662 und den anderen Teilen der aus Gründen der Übersicht nicht gezeigten Karosserieteile gebildet ist. Dieses Problem ist ganz ähnlich dem des Einsetzens der Türen in eine Türöffnung oder der Kappe in der Kappenöffnung und wird optimal durch Verwendung optischer Abtastung wie beschrieben verbessert.

Ein Roboterarm 660 führt mit sich eine Werkzeughalterung 651, die eine Saugnapfhalterung 652 und 653 aufweist, die an dem Deckteil 660 zum Zwecke des Aufnehmens angreift. Die Halterung selbst weist optische Taster 670 und 671 auf,

die in der hier gezeigten Weise verwendet sind und Markierungen verfolgen wie auch gewisse Veränderliche des Gegenstandes selbst messen.

Nähert sich der Roboter dem Karosseriekörper bestehend aus den Seitenteilen, die das Deckteil 660 tragen, so haben Taster 670 und 671, die lineare oder Matrixkameraeinheiten enthalten, den Ort des Deckteils relativ zu den Kameras selbst bestimmt. Mit anderen Worten, die Saugköpfe 652 und 653 können das Deckteil in einer relativ beliebigen Lage beispielsweise von einem Rollenförderer aufnehmen, wobei die Kameras den Roboter hinsichtlich dieser Zufallslage durch Abtastung der Kanten des Deckteils kompensieren. Die Taster können auch die Kanten des Deckteils ideal abtasten und das Aufnehmen in der richtigen Lage bewirken. Es ist auch wahrscheinlich, daß andere Kameras an den anderen Seiten des Teils angeordnet sind, beispielsweise als Kamera 680 (gestrichelte Linien).

Befindet sich der Roboter von dem Körper relativ weit weg, so fängt die Kameraeinheit, die beispielsweise auch eine Beleuchtungsquelle 675 aufweist, das reflektierte Bild von in die Seitenteile eingepreßten konischen Markierungen 665 auf. Zum Zwecke des besseren Kontrasts kann auch ein Loch 666 vorgesehen sein, das von hinten durch eine Lichtquelle 666 beleuchtet ist. Unglücklicherweise sind jedoch in den meisten Bereichen von Platten solche zusätzlichen Löcher nicht erwünscht. Solche eingestanzten Markierungen sind jedoch ohne weiteres möglich und lassen sich in genau der gleichen Weise wie im Falle der eingegossenen Markierungen gemäß Fig. 8 in einer analogen Weise herstellen. Auf Fasern basierende Mar-

kierungssysteme sind ideal, wenn sie wirtschaftlich angewendet werden können.

Die Markierungen wie beispielsweise 665 und 667 auf den gegenüberliegenden Seiten wie auch andere Markierungen über den restlichen Umfang der oberen Öffnung ermöglichen es dem Robotersystem, auf die Karosserie einzufahren. Im Gegensatz zu vorherigen Ausführungsformen sieht nicht eine einzige Kamera alle Markierungen, vielmehr eine Ansammlung von zwei oder mehr Kameras, deren kombinierte Markierungsdaten den Ort und die Orientierung des Gegenstandes liefern. Kommt die Kameratasteinheit zu ihrer endgültigen Annäherung heran, so beleuchtet eine geneigte Lichtprojektionseinheit 672 den Abschnitt des Gegenstandes selbst, von dem Triangulationsdaten bezüglich der genauen Entfernung zu dem Seitenteil 661 mit höherer Auflösung gewonnen werden können.

Wenn das Teil dann in die Öffnung "D" paßt, wird die Spaltbreite "W" auf jeder Seite durch jede der Kameras an den vier Seiten abgetastet und für diese fragliche Karosserie optimiert. Ist die Deckplatte dann am besten ausgerichtet, so werden die verschiedenen Befestigungsschrauben und -mutter heruntergefahren, um sie festzuziehen. Dieses Verfahren bewirkt daher nicht nur eine vollständig automatisierte Deckplatten- oder -türeinbringung, sondern auch eine optimale Einpassung in die Karosserie mit höchstem Qualitätsstandard. Dieser Vorgang erfordert nicht notwendigerweise die Verwendung von Markierungen und kann auch in markierungsloser Weise erfolgen, insbesondere wenn die Karosserie angehalten wird, wenn dies erfolgt. Ist die Karosserie jedoch in Bewegung, so sind

Markierungsdaten wesentlich vorteilhafter, da die seitlichen und Vor/Zurückschwingungen bei der Annäherung verfolgt werden können.

Es kann außerdem zweckmäßig sein, zwei Gruppen von Kameravergrößerungen zu verwenden, eine mit hoher Vergrößerung zur Bestimmung des Abstandes "w" und eine mit niedrigerer Vergrößerung zur Verfolgung der Markierungen. Dies hängt von dem Anwendungsfall ab und ist natürlich nicht so wünschenswert wie bei nur einer einzigen Einheit. In diesem Falle sind die Markierungen darüber hinaus von der Platte abgedeckt gezeigt, mit anderen Worten, sie sind außer Sicht in bezug auf die Karosserie selbst. Das kann für beide Türen, für Deckplatten usw. gelten. Etwas von der Verfolgung kann jedoch mit Markierungen geschehen, die an anderen Abschnitten der Karosserie sichtbar und nicht bedeckt sind. Dies gestattet die Verfolgung der Markierungen selbst zur Zeit der tatsächlichen Einsetzung der Platte und des Verschraubens, was bei sich bewegenden Teilen wünschenswert ist. Für diesen Zweck sollten spezielle Markierungen wie beispielsweise Markierung 680 auf die Karosserie aufgebracht sein, z.B. auf die Seitenteile und z.B. bestehend aus einem weißen Hintergrund mit einem Kreuz darauf. Solche Markierungen können von einem vollständig getrennten Kamerasystem betrachtet werden, das seitlich oder über Kopf oder an dem Roboterarm 650 selbst und weniger am Werkzeug angeordnet ist.

Bei jeder der oben genannten Ausführungsformen sollten die Markierungen so unterschiedlich wie möglich sein. Wenn möglich sollten gewisse Arten von reflektierendem Markierungs-

Material wie beispielsweise Kunststoffreflektoren oder reflektierende Klebbänder verwendet werden, was außerordentlich zweckmäßig ist, solange sie in solcher Weise an den Gegenstand angebracht werden können, daß ihre Funktion nicht zerstört wird. Solche Bänder und Markierungen sind daher am besten für Gegenstände geeignet, die keinem ästhetischem Zweck dienen, wie das sicherlich bei allen Transportmitteln, Kartons usw. der Fall ist. Das Problem bei diesen Markierungen besteht jedoch darin, daß sie im allgemeinen aus Materialien bestehen, die angebracht werden müssen, und das kann zu Schwierigkeiten sowohl hinsichtlich der Kosten der Anbringung der Markierungen in einer genauen Weise, wobei zu berücksichtigen ist, daß für eine beste Arbeitsweise bei Mehrfachmarkierungssystemen der Markierungsabstand und die Orientierung bekannt sein muß, derart, daß die fotomestechnischen Berechnungen genau durchgeführt werden können. Das zweite Problem bei diesen Materialien besteht darin, daß sie oft aus Kunststoff bestehen und in einigen Fällen aus solchem Kunststoff, der den Rest des Verarbeitungsvorganges nicht übersteht, ganz gleich, ob es sich dabei um heißes Waschen, Wärmebehandlungen oder dergleichen handelt.

Markierungen können auch wieder abgenommen und für nachfolgende Teile verwendet werden. z.B. können reflektierende Glasmarkierungen mit sehr hohem Kontrast in Sacklöcher in dem Teil an sehr genau bekannten Orten eingeschraubt und später wieder abgeschraubt und wiederverwendet werden. Dies kann in einfacher Weise beispielsweise bei dem Zylinderkopf

gemäß Fig. 7 erfolgen, wenn die sackartigen Gewindelöcher zur Befestigung der Kipphebelabdeckungen dazu verwendet werden, um diese Markierungen zu halten, welche in diese Löcher, vorzugsweise automatisch, eingeschraubt würden. Werden zum Schluß die Kipphebelabdeckungen angebracht, so werden diese Schrauben herausgenommen und die Befestigungsschrauben für den Kipphebel eingesetzt. Hierzu sind natürlich zwei zusätzliche Vorgänge erforderlich, nämlich das Einschrauben und Heraus-schrauben, jedoch werden die gleichen Löcher verwendet, die in das Teil ohnehin eingebracht sind. Andere Markierungen können mit Klebstoff usw. angebracht sein, der mit Lösungsmittel von dem Teil und von der Markierung wieder entfernt werden kann, so daß diese nach Stüberung wiederverwendet werden kann. Dies ist in Verbindung mit Fig. 13 erläutert.

Es sind weitere Abwandlungen möglich. Werden z.B. Greifer mit faseroptischen Tasteinheiten mit einer Triangulationsprojektionsquelle verwendet, so sind Daten in drei Achsen gewinnbar. Bis hinauf zu fünf Achsen solcher Daten können gewonnen werden, indem eine Projektion von Mehrfachstrahlen oder vier Strahlen erfolgt, um vier- oder fünfachsiges Daten zu erhalten. Dies ermöglicht die Ermittlung des Dreh- und Kippwinkels wie auch der Entfernung des Gegenstandes und zusätzlich des xy-Bildes, was nachfolgend in Verbindung mit Fig. 15 beschrieben ist.

Der Roboterarm kann zum Zwecke der Führung mit einem solchen Taster entweder unter Verwendung einer Leuchtdiode oder eines Diodenlasers als Markierungen oder über Fasern ausgerüstet werden.

Eine Farberkennung der verschiedenen Markierungen kann mit Hilfe von Farbfernsehkameras oder ganz einfach mit einem Farbtaster vor einem Markierungsabtaster erfolgen. Senden z.B. alle Markierungen Infrarotlicht gegenüber dem Hintergrund aus, wobei es sich z.B. um Leuchtdioden handeln kann, so kann ein Infrarot-Bandpaßfilter vor die Kamera gesetzt werden, die in hohem Maße gegenüber dem Weißlichthintergrund unterscheidet und im wesentlichen die darüber überlagerten Infrarotmarkierungen zeigt.

Darüber hinaus müssen die auf den Zylinderkopf in Fig. 7 aufgetragenen Löcher nicht unbedingt konisch sein, sie können auch tatsächlich gebohrt sein, so daß sie im wesentlichen alles Licht absorbieren. In diesem Fall würde man mit dem Reflexionswinkel von der hellen bearbeiteten Oberfläche der Kipphebeldeckschiene blicken und die Markierungslöcher als dunkel erkennen.

Hinsichtlich Fig. 8B kann ein Tropfen von Kunststoff oder Silikon auf die Oberseite des Teils gebracht werden, was dann als Markierung wirkt. Würde z.B. ein gerader Streifen von Silikon verwendet werden, so würde sich dies der Faseranordnung gemäß den Fig. 5 und 6 annähern, und in der Tat kann Licht durch und um das Teil geleitet werden, um so dadurch die Kanten zu beleuchten.

Fig. 13 zeigt ein Beispiel einer wiederverwendbaren Markierung, wobei es sich in diesem Fall um eine Spezialschraube 700 handelt, die in ein Gewindeloch 701 in einem Teil 702 wie beispielsweise dem Zylinderkopf gemäß Fig. 8, einem



Motorblock oder irgendeinem bearbeiteten Teil eingeschraut ist. Diese Gewindelöcher würden, wie das bereits erwähnt worden ist, wohl mit Sicherheit Löcher sein, die sich bereits für andere Zwecke und zum Zusammenbau an dem Teil befinden, wobei die Markierung die Stelle des regulären Teils einnehmen würde, bis zum endgültigen Zusammenbau, wo sie entfernt werden würde.

Die Markierungsschraube ist wie eine Imbusschraube ausgebildet, jedoch ist in diesem Fall das Sackloch wenigstens teilweise mit einer reflektierenden Markierung 705 gefüllt, die zweckmäßigerweise aus reflektierendem Material aus Kunststoff oder Glas besteht, z.B. das, das allgemein für Rückstrahler bei Kraftfahrzeugen Verwendung findet.

Gewünschtfalls kann ein Farbfilter 710 auf der Oberseite dieser Schraube als Teil des Reflektors verwendet werden, um dieser speziellen Schraube eine bevorzugte Farbe zu geben, wenn es erwünscht ist, sie von anderen zu unterscheiden. Die Reflektorausbildung kann selbst auch eine solche Unterscheidung liefern.

Diese spezielle Anordnung liefert eine extrem hohe Markierungszeichnung und gestattet das Nachaußenvorstehen der Markierungen aus der Teiloberfläche (wie zu besseren fotografischen Lösungszwecken) ganz einfach durch eine lange Gewindelänge. Darüber hinaus ist diese Warze eine Sache geringer Kosten, und sie kann ganz einfach durch automatische Vorrichtungen eingesetzt und herausgenommen werden. Der einzige Nachteil ist natürlich, daß die Warze oder der Zapfen in ein Loch gebracht werden muß, das später im Zusammenhang mit dem endgültigen Zusammenbauvorgang gebraucht wird, die Mar-

kierung kann nicht benutzt werden, ehe nicht das Teil während des Zusammenbaus bewegt und die Markierung herausgenommen worden ist.

Es ist zwar eine schraubenartige Markierung gezeigt, jedoch ist es klar, daß andere Anordnungen wie beispielsweise eine Bajonetthalterung, Schnapphalterung oder andere Markierungen verwendet werden können, die mit speziellen Werkzeugen aus im übrigen glatten Löchern entfernt werden können, die später Trimmstreifen, Niete oder dergleichen aufnehmen können.

In anderen Fällen kann die Markierung ganz einfach ein spitzes Ende wie beispielsweise einen Stift aufweisen, der in das Material des Gegenstandes gesteckt und später wieder herausgezogen werden kann, wobei ein Loch zurückbleibt, was sich wieder zuzieht, wenn das Material relativ nachgiebig ist. Dabei kann es sich z.B. um Sitzmaterialien oder Fleisch auf Über-Kopf-Förderstrecken handeln, wo die Karkasse selbst eingesetzte Markierungen aufweisen kann.

Fig. 14 verdeutlicht eine Anwendung der Erfindung bei der Bearbeitung einer sich kontinuierlich bewegenden Karosserieanordnung 780. In diesem Falle ist ein Robotersystem gemäß der Erfindung zusammen mit einem Kamerasystem 785 vorgesehen, das auf den mit reflektierenden Markierungen 781-784 versehenen Körper im Bearbeitungsbereich einrastet und bewirkt, daß der Roboter die Bewegung des Karosseriekörpers zur Seite, vor und zurück auf dem Karosserie-"Wagen" (nicht gezeigt) verfolgt. Die Tasteinheit 785 steuert in Verbindung mit dem Robotersteuerrechner 789 einen Roboterarm 800 zur Bewegung eines Band-

schleifers 801, damit dieser die Bleifüllung 790 zwischen der Segelplatte 791 und der Deckenplatte 792 herauschleift. Es sind zwei Arten zusätzlicher optischer Tasteinheiten bei dieser Ausführungsform zweckmäßig. Die erste Tasteinheit 805 gestattet die Bestimmung der Neigung des Bandschleifers zu der Oberfläche des Körpers für Verfolgungszwecke. Der zweite Taster (nicht dargestellt) ist ein Konturierungstaster, der die Konturen der verbleibenden Zone des Körpers abtastet, um Konturkoordinaten zu dem Schleifer zurückzuführen und die Menge des zurückgelassenen Metalls aufzudatieren und zu beurteilen, ob oder ob nicht ein weiteres Schleifen erfolgen soll, aus welchem Winkel (bestimmt in Verbindung mit den dynamischen Verfolgungsdaten bei niedriger Auflösung von dem Markierungstaster 795 und mit hoher Auflösung von dem vor Ort angebrachten Taster 805).

Bei Verwendung aller drei optischen getrennten Taster plus Kraftrückführung läßt sich eine vollständige Schleifzelle schaffen. Kann der Wagen in seiner Bewegung gehalten werden, so ist das mit Markierungen arbeitende System nicht mehr so sehr gezwungen, die groben Bewegungen des Körpers zu verfolgen, die anderen beiden Tastersysteme sind ausreichend. Das Markierungssystem ist jedoch eine gute "Versicherung" bei schneller Annäherung.

Bei der oben genannten Anwendung werden beträchtliche Mengen spezieller Hardware verwendet. Z.B. werden Kameraeinheiten verwendet, die am besten mit Festkörpermatrixanordnungen wie beispielsweise GE TN2500 und den neuen Festkörperfarbfernsehungen versehen sind, die jetzt von Sony oder

anderen auf den Markt gebracht worden sind.

Als Lichtquellen eignen sich Xenon-Blitzlichtquellen sehr gut zur Beleuchtung der Markierungen mit brillanten Impulsen mit hohem Signal zu Störverhältnis, selbst wenn Farbfilter verwendet werden. Außerdem bewirken solche Blitze keine Übersteuerung der Festkörperkameras, ein wünschenswerter Vorteil.

Die Laserlichtquellen sind zweckmäßigerweise Diodenlaser, die im Infrarotbereich arbeiten und von den Firmen RCA und Laser Diode Laboratories hergestellt werden. Von Interesse ist auch die Laserdioden 4001 von Mitsubishi, die teilweise sichtbar ist.

Die Hochleistungsinfrarotleuchtdioden wie beispielsweise die der Firma Texas Instruments können auch für solche Beleuchtung über Fasern verwendet werden. Leuchtdioden sind sehr zweckmäßig, da sie einen geringen Leistungsverbrauch haben und moduliert werden können, was auch für den Strombereich von Diodenlasern zutrifft.

Die in Verbindung mit den Fig. 5 und 6 beschriebenen Lösungsformen sind für alle Arten von anderen Teilen wie beispielsweise Reifen, Flugzeugteilen, Möbel, ganz allgemein jedes Teil geeignet, bei dem irgendeine Art eines Verfahrens wie Gießen, Spritzen erfolgen kann, um die Fasern in das Teil zu bringen. Selbst Metallteile können eingebaute Fasern haben, wenn sie die Schmelztemperatur übersteigen (z.B. Quarzfaser).

Die Fasern müssen nicht notwendigerweise in das Teil eingegossen oder eingepreßt sein. Die Faser kann auch auf das Teil aufgebracht, z.B. an das Teil entlang seinem Umfang oder

an speziellen Punkten angeklebt werden. Diese werden dann beleuchtet und können dann für die gleichen Roboter- oder andere Zwecke verwendet, wie sie oben angegeben worden sind.

Dieser Aufklebvorgang erfordert natürlich zusätzlich Arbeit, entweder von einem Menschen oder von einem Roboter, obwohl dies natürlich auch in einer automatischen Fertigungsmaschine erfolgen kann.

Es wurden zwar Faseroptiken als lichtleitendes Medium diskutiert, jedoch ist klar, daß eine Siliconraupe, die auf ein Teil aufgebracht ist, ebenfalls Licht überträgt, wenn auch in geringem Maße. Diese spezielle Verwendung von Fasern und anderen Lichtübertragenden Medien, die in Teile eingebracht oder auf sie aufgebracht sind, ist bei vielen Anwendungsfällen zweckmäßig, wo sie robotermäßig gehandhabt werden sollen, und somit dort, wo die Kosten zur Anbringung der Fasern und ihre Beleuchtung an verschiedenen Stationen durch Einsparungen aufgrund verringerter Komplexität der verwendeten Robotereinrichtung entstehen.

Die Erfindung erweitert die Möglichkeiten zur Faserbeleuchtung von Werkzeugorten zum Zwecke der Handhabung oder zur Größenbestimmung von Werkzeugen. Werkzeuge können ebenso wie der J-Haken gemäß Fig. 1 beleuchtet werden, um einen Indikator oder eine Markierung zu schaffen, so daß ein Ergreifen mittels Robotern oder anderer Automationseinrichtungen möglich ist. Zu solchen Werkzeugen gehören Schneidwerkzeuge, kleine Bohrer, Fräser, pneumatische Schraubenschlüssel, Sägen, Laser, Schweißköpfe usw.. Alle können in dieser Weise instrumentiert werden. Selbst kleine Dinge wie beispielsweise Nüsse

für Schraubenschlüssel können so instrumentiert werden.

Mit dem Ausdruck "Licht" ist in dieser Beschreibung jede Wellenlänge elektromagnetischer Strahlung von infrarot bis ultraviolett gemeint.

Ähnliche faseroptische Strahlungsmarkierungen können die Greifer oder Roboterarme selbst sein, wobei sie Leuchtdioden oder andere Arten auf den Greifern ersetzen.

Passende Fasern sind insbesondere wegen der geringen Kosten die unter dem Handelsnamen Corfon bekannten der Firma Dupont wie auch Glasfasern der Firma American Optical, Corning und vielen anderen Herstellern.

Bildübertragende Bündel können dazu verwendet werden, die Bilder von in dieser Anmeldung gezeigten Tastern weiterzuleiten. Solche faseroptischen Bündel werden z.B. von der Firma Nippon Sheet Glass, Olympus und anderen vertrieben und können eine sehr hohe Auflösung haben.

Bildabastende Fotodetektorkameraanordnungen und Festkörperfernsehkameras (Matrixanordnung) sind, obwohl sie besonders zweckmäßig sind, nicht die einzigen Mittel zur Betrachtung der Markierungen gemäß dieser Erfindung. Andere Fernsehkameras können ebenfalls verwendet werden wie auch in einigen Fällen Abtastlaserstrahlen oder sogar feste Detektoren, die für eine bevorzugte Markierungskennung optimiert sind. Kontinuierliche oder Quadrantendetektoren (beispielsweise UDT SC-10) können ebenfalls zur Bestimmung der Bildposition eines einzelnen Flecks oder einer Markierung zu einer Zeit verwendet werden.

Fig. 15 zeigt einen Taster gemäß der Erfindung als Ver-

besserung von Tastern mit Faseroptiken. Dieser spezielle gezeigte Taster ist ein Vielbereichstaster mit kleiner Abmessung gemäß der Erfindung, der in diesem Fall als so klein gezeigt ist, daß er in die Greifer von Robotern eingebaut werden kann. Er benötigt keine markierten Objekte, kann vielmehr mit anderen Ausführungsformen kombiniert werden, um auch in Verbindung mit Markierungen zu arbeiten.

Taster 900 ist in diesem Fall in einer Hälfte des Greiferabschnitts 901 eines Roboterantriebs angeordnet und besteht aus Lichtquellen 905, 906 und 907. (In diesem Beispiel sind drei Lichtquellen vorhanden, obwohl die Zahl natürlich beliebig sein kann.) Diese Lichtquellen sind Diodenlaser oder in vielen wünschenswerten Fällen sind sie optische Fasern mit einem Durchmesser von ungefähr 12 µm, die entfernt an Diodenlaser angeschlossen sind, wobei nur die Fasern zu dem Taster geführt sind.

In jedem Fall wird Licht von jeder der Fasern durch eine einzelne Linse 910 fokussiert. Aufgrund der Variation des Ortes der Fasern ist das Licht in unterschiedlichen Entfernungen und in unterschiedlichen Winkeln je nach der Position der Faser fokussiert. Dies ist ideal für die Bildung eines Vielbereichs-Vielfachauflösetasters mit einem höchsten eingeschlossenen Winkel und mit einer Auflösung in den kürzesten Bereichen, wie das für eine genaue Teilerfassung oder für andere Zwecke wünschenswert ist.

Lichtquelle 906 ist in dem Nominalbereich auf das Teil 911 fokussiert, das einen reflektierten Fleck 912 bildet. Dieser Fleck wird durch Linse 915 auf eine integrale Foto-

detektoranordnung 916 (gestrichelte Linien) abgebildet. Aus Gründen der Kompaktheit wird jedoch in diesem Falle das Bild wieder auf einem kohärenten faseroptischen Bündel 918 gebildet und zu einer entfernten Matrixfotodiodenanordnung übertragen. Somit können in diesem Beispiel alle Lichtquellen und jede Abtastung mit Fasern arbeiten. Dies ist von Vorteil hinsichtlich thermischer und elektrischer Isolation und verringert das Gewicht bei kleinen Robotern.

Ein passendes Fenster 920 ist in der Vorderseite des Tastergehäuses vorgesehen.

Die anderen beiden Lichtquellen 905 und 907 auf jeder Seite des Nominalwertes fokussieren in verschiedenen Entfernungen und unter verschiedenen Winkeln. Je größer der eingeschlossene Winkel  $\theta$  ist, um so größer ist die Auflösung. Es ist daher zu ersehen, daß die Bildformung mit 907 die höchste Auflösung liefert, wenn das Teil am nächsten ist, und dies dient für die Feinannäherung des Tasters, wo der Bereich "H" etwa 12 mm betragen möge. Im Falle von 905 möge "H" etwa 120 mm betragen.

Diese Art von Anordnung ist hinsichtlich der Beibehaltung eines vernünftigen Fokus von Lichtquellen in verschiedenen Entfernungen günstig. Mit einer einzigen Linse 915 braucht man jedoch eine kleine Blende, um eine große Schärfentiefe zu erhalten und die projizierten Flecken über einen weiten Bereich von Gegenstandsorten fokussiert zu halten. Es kann auch eine Zoom-Linse 915 verwendet werden, um über einen weiten Bereich den Fokus beizubehalten.

Da Flackenschwerpunkte gemessen werden, kann das Flack-

bild etwas außer Fokus sein und doch noch verwendet werden. Es können auch Weißlichtquellen mit dieser Anordnung verwendet werden, um mit dem Teil 911 eine Kantenbildbeleuchtung zu bewirken.

Für Anwendungsfälle mit vielen Markierungen, z.B. 3, 4 oder mehr Markierungen (um eine maximale Lösungsfähigkeit für die fotomestechnischen Gleichungen zu erhalten), müssen die Markierungen nicht unbedingt in gleicher Entfernung oder anders oder in fester Anordnung zueinander angeordnet sein. Es gibt somit eine Vielzahl von ästhetischen Möglichkeiten. Z.B.:

Bei rechteckigen Teilen sind die vier Ecken wünschenswert, wo die Markierungen Quadrate, Kreise oder von anderer Form sein können.

Bei runden Gegenständen oder Teilen davon sind vier Markierungen in 90°-Abständen oder drei Markierungen in 120°-Abständen wünschenswert.

Bei unregelmäßigen Gegenständen können die Markierungen jede logische Anordnung haben.

Beispiele sind:

- ein Möbelbein 950 mit Rundkopfnägeln 951-955, die sich an den Ecken befinden und als Markierungen dienen (Fig. 16A),
- Autogrills 960 mit dekorativen quadratischen Markierungsfacetten 961-965 oder Schlitten in der Nähe der Ecken,
- Steuerräder 970 von Kraftfahrzeugen mit rechteckigen hellen Einsätzen 971-973 an den äußeren Enden von drei um 120° versetzten Speichen.

Innerhalb der Markierungsschlitz 241 usw. von Fig. 4 können übertragende Beugungsgitter oder andere zweckmäßige Zerstreuungsmittel für das übertragene Licht angeordnet sein. Licht von dem Faserende 20 beispielsweise braucht nicht notwendigerweise durch Linse 40 abgebildet zu werden, sondern kann vielmehr direkt durch einen oder mehrere Detektoren abgetastet werden.

In vielen Anwendungsfällen in Fertigungsanlagen, wo der markierte Gegenstand viele Arbeitsgänge durchläuft oder wiederholt verwendet wird (z.B. die Transportbehälter gemäß Fig. 3), können die Markierungen schlechter oder abgestoßen, zerstört werden usw. Es ist daher in vielen Fällen wünschenswert, eine überschüssige Zahl von Markierungen zu haben.

Da nur drei Markierungen für eine vollständige fotomestechnische sechssachsige Lösung erforderlich sind (und sogar zwei reichen aus, wenn gewisse zuvor genannte Einschränkungen gemacht werden), sind zwei bis drei Orte erforderlich. Z.B. kann das Weglaufen einer Fernsehröhre von 3 in der Einrichtung gemäß Pinkney et al einen im allgemeinen nicht annehmbaren Fehler von 7 mm bei einem Auslauf in den Entfernungsdaten allein verursachen. Die gemäß der Erfindung verwendeten Anordnungen schließen diese Möglichkeit aus.

Ist bei den hier gezeigten Ausführungsformen in Bezug auf kontinuierliche Förderer die Fördergeschwindigkeit bekannt, so werden entsprechend die Verfolgungsanforderungen verringert.

Die Führungsschienen 250 und 251 sind nur ein Beispiel von Mitteln zur Beschränkung der Bewegung oder Geschwindigkeit.

keit eines Gegenstandes gemäß dieser Erfindung in einer oder mehreren Achsen. Es kann auch zweckmäßig sein, die Geschwindigkeit beispielsweise unter Verwendung einer elektromagnetischen Dämpfung oder einer Dämpfung mit einer viskosen Flüssigkeit zu beschränken. Beschränkungen dieser Art gestalten im allgemeinen die Steuerung der gesamten Roboterhandhabung oder des Bearbeitungssystems für die Werkstücke einfacher.

Es wurden viele Arten der Anbringung von Markierungen an Gegenständen beschrieben. Es wurden auch andere Wege beschrieben, bei denen die Markierung Teil des Gegenstandes ist. Handelt es sich bei dem Gegenstand um einen solchen, der sich in seiner endgültigen Form und in einer Position befindet, die von dem Verbraucher eingesehen werden kann, der ein schönes Äußeres erwartet, so besteht eine außerordentliche Notwendigkeit, um die gemäß der Erfindung verwendeten Markierungen entweder im wesentlichen unsichtbar zu machen oder sie mit einem ästhetischen Äußeren zu versehen.

Eine überstrichene Markierungszone eines Armaturen-brettes beispielsweise kann unter UV-Licht fluoreszieren, bei normaler Beleuchtung jedoch unsichtbar bleiben.

Ein Teil des Gegenstandes kann auch einen speziellen Lack aufweisen, der abweichend vom normalen eine andere Reflexion oder Absorption im Infrarotbereich bewirkt.

Eine wünschenswerte Bedingung ergibt sich dann, wenn man die Markierungen zu einem Teil des Gesamten macht, um z.B. ein ansprechendes Betonungsmerkmal zu erhalten, das als Teil des gesamten Erscheinungsbildes betrachtet wird. Wo möglich können die Markierungen auch funktionelle Eigentümlichkeiten

wie beispielsweise Löcher, Knöpfe usw. sein.

In Verbindung mit Fig. 15 sei weiter darauf hingewiesen, daß jeder Diodenlaser oder jede Faser durch eine individuelle Linse fokussiert sein kann. Wenn dies auch komplizierter ist, so gestattet dies doch eine stärkere winkelmäßige Spreizung der Strahlen. Es sei bemerkt, daß jeweils nur ein Strahl eingeschaltet sein würde, der für die fragliche Entfernung paßt. Sind jedoch mehr als nur einer gleichzeitig eingeschaltet, so liegt im allgemeinen nur einer im Betrachtungsfeld der Linse 910 zu irgendeiner Zeit. Befinden sich zwei in dem Feld, so können sie aufgrund ihres Ortes unterschieden werden. Natürlich können zwei divergierende Strahlen gleichzeitig in dem Feld projiziert werden, einer zur Bestimmung der Entfernung und der andere, um eine winkelmäßige Orientierung aus der Strahlentrennung in bezug auf die Markierung zu erhalten, wobei man die Entfernung kennt.

Die Lehre gemäß der Erfindung ist besonders zweckmäßig zur Steuerung von mit Robotern positionierten, nicht kontaktierten Arbeiten wie beispielsweise Laserschweißung, Bohren usw., insbesondere bei kontinuierlichen Straßen. Betrachtet man die Verfahren allgemein, so gilt die Erfindung für Schweißen, Bohren, Schleifen, Schneiden, Härten und irgendeine andere spanabhebende Bearbeitung, ein Zusatz zum Transformationsprozeß,

Die Eigenschaften der gemäß der Erfindung verwendeten Markierungen sind allgemein gesehen unterschiedliche Form, Lichtreflexion, Lichtübertragung oder Lichtemissionseigenschaften in bezug zu der normalen Oberfläche des markierten

Gegenstandes. Weist der "normale" Gegenstand Markierungen auf, so gilt eine bessere Definition relativ zu dem Rest der Gegenstandsoberfläche, d.h. dem unmarkierten restlichen Bereich. Lichtemission, -reflexion und -transmission können sich unterscheiden hinsichtlich der Farbe, Richtung, Verteilung der Richtung von Farbe, Form und Intensität.

Im Falle der Faserversion und anderer aktiver Markierungen können die Markierungen auch in ihrer Lichtmodulationsfrequenz unterschiedlich sein.

Bei der Anwendung der Lehre gemäß der Erfindung auf praktische Anlagenprobleme sind die Fotodetektoranordnungen sehr viel zweckmäßiger als die analogen Fernsehkameras mit analogen Röhren, wie sie von Pinkney und anderen Fotomeßtechnikern verwendet werden. Beispielsweise die Fotodioden<sup>en</sup>anordnung/vom Typ GE TV2500 erfordern keine häufige Eichung und sind daher wesentlich zuverlässiger bei der Lieferung genauer Abmessungsdaten in bezug auf Markierung oder Fleck.

In vielen Fällen ist eine vierte Markierung jedoch wünschenswert, um eine zuverlässige Lösung zu liefern.

Diese Erfindung sieht daher die zweckmäßige Hinzufügung von zusätzlichen Markierungen auch bei Kantenorten relativ zu den zwei bis vier Markierungen für den zusätzlichen Schritt der Bestimmung vor, welche Markierungen vorliegen, und es wird für jene eine optimale Lösung verwendet.

Es sei nun Fig. 17 betrachtet. Gezeigt ist eine Transportpalette 980, die wiederholt in einer Fertigungsanlage verwendet wird und mit Markierungen 981-984 und besonders zuverlässigen Markierungen 986-988 ausgestattet ist. Bei einer

Arbeitsweise sind normalerweise Kamera 990 und Rechner 991 so programmiert, daß sie im wesentlichen Markierungen 981-985 betrachten. Fehlt jedoch eine dieser Markierungen, so werden die Bilder der Markierungen 986, 987 oder 988 verwendet. Im allgemeinen ist es das vernünftigste, die Markierung zu verwenden, die der fehlenden am nächsten ist, das vernünftigste ist es jedoch, diejenigen zu verwenden, deren Kombination die beste Auflösung (d.h. die größte Genauigkeit) der fotomeßtechnischen Gleichungen liefert.

Es können auch gewisse zusätzliche Markierungen hinzugefügt sein, um in gewissen Fällen beispielsweise Roll- und Kippvariable in der Ebene senkrecht zur Linsenachse zu liefern. Man kann z.B. an gewissen Stationen der Fertigungsstraße, an denen ein größeres Maß der Abtastung hinsichtlich einer oder zwei Variabler erwünscht ist, Markierung 988 anstelle beispielsweise von Markierung 985 zur Verwendung auswählen.

Sind alle Markierungen außer der Markierung 3 zerstört, so verwendet man die restlichen drei unabhängig davon. Die Erfindung kann jedoch den zusätzlichen Schritt vorsehen, der Steuerung zu signalisieren, daß Palette SN 1368 beispielsweise nur noch seine letzten vier Markierungen aufweist und daher repariert werden sollte.

Bei dem in Fig. 3 gezeigten System ist oft eine Systemeingangs- oder -prüfung wünschenswert.

Z.B. kann Taster 262 an einer Stelle angeordnet sein, wo der Transportträger so richtig positioniert ist, daß die Markierungen hinsichtlich ihrer Anwesenheit geprüft und ihre

Orte festgestellt werden können. Dies ist nicht nur hilfreich, um das System unter Kontrolle zu halten, vielmehr kann auch der tatsächliche Markierungsort an dieser Station gemessen und die Orte in einem Rechner wie beispielsweise 280 relativ zu dem fraglichen Transportträger gespeichert werden, wenn jeder Transportträger numeriert oder in einer Reihenfolge angeordnet ist. Dies ermöglicht die Vermischung von verschiedenen Transportträgern mit verschiedenen Teilen in verschiedenen Reparationszuständen in der gleichen Straße, ohne daß die Genauigkeit hinsichtlich der Markierungsposition darunter leidet. Dies ist wichtig, da die Genauigkeit der Auflösung der fotomeßtechnischen Gleichungen (die zur Führung der Roboter an der Straße beispielsweise an der Station gemäß Fig. 3 angewendet werden) auf dem Maß der Genauigkeit basieren, mit der der relative Ort der Markierungen selbst zu dem Trägerkörper bekannt ist.

Nur eine solche Feststellungsstation (die auch einen Laser für einen Seriemcode des Trägers aufweisen kann, wie das auch für die Station gemäß Fig. 3 gilt) ist pro Straße erforderlich. Dies trägt auch zur Überwachung beschädigter oder zerstörter Träger bei, wie das bereits erwähnt worden ist, und zerstörte Träger können dann automatisch aus der Straße zur Reparatur herausgeführt werden.

Die Prüfstation kann auch für Teile verwendet werden, wenn sie sich in einer gehaltenen oder in einer in anderer Weise bekannten richtigen Position von irgendeinem Punkt in der Straße befinden. Alle fehlenden Markierungen wie auch

Orte können überprüft werden, bevor sie in das System eintreten.

Die Erfindung ist in einem weiten Bereich von Anwendungsfällen zweckmäßig, und es läßt sich eine Standardtastrachereinheit im wesentlichen unabhängig von der Anwendung aufbauen. Der Benutzer braucht nur die Daten in den Rechner wie beispielsweise 280 einzugeben, um dem System den passenden Markierungsort und Abstände auf dem Teil oder den Werkstücken mitzuteilen, die gehandhabt, zusammengesetzt oder bearbeitet werden sollen. Er kann somit auf verschiedene Teile, Straßen usw. programmiert werden und bildet daher die Grundlage eines allgemeinen Robotersteuersystems.



FIG. 1

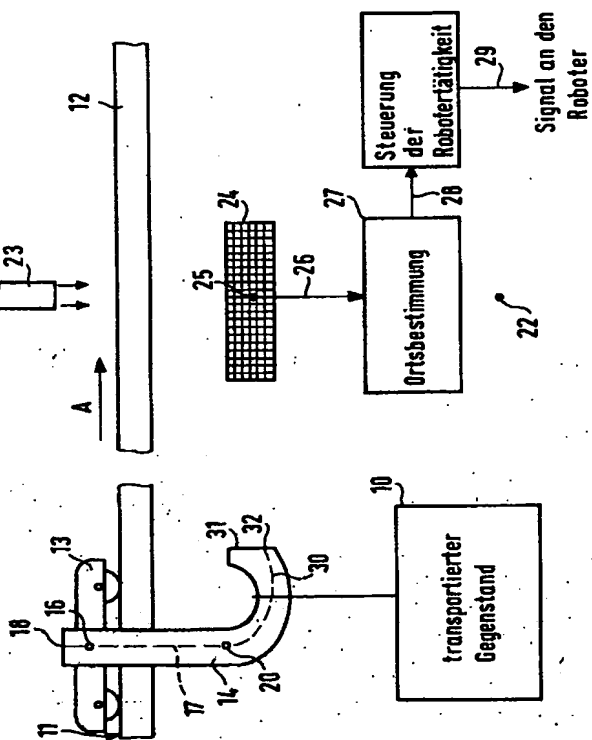


FIG. 2

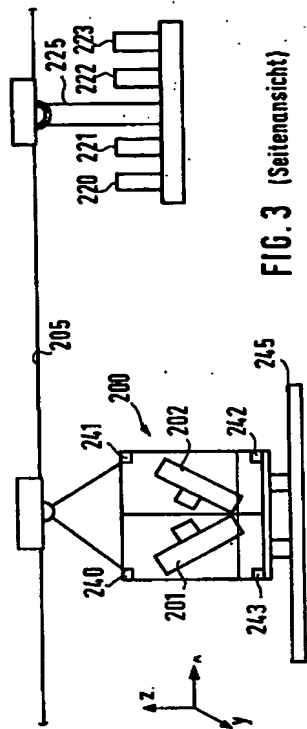
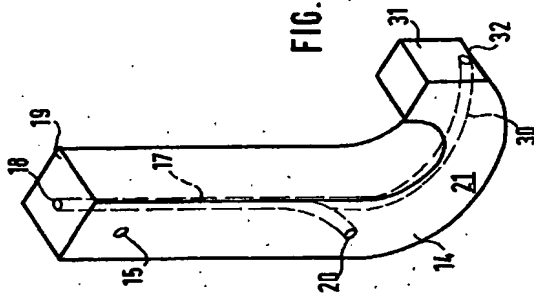


FIG. 3 (Seitenansicht)

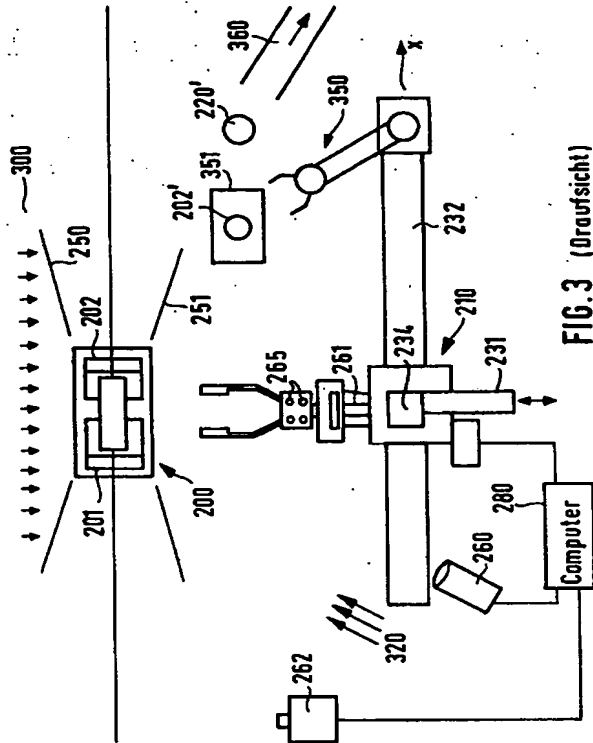


FIG. 3 (Draufsicht)



FIG. 8B

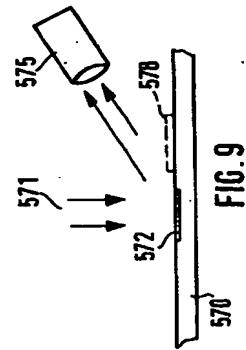


FIG. 9

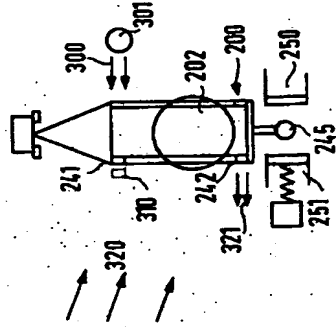


FIG. 4

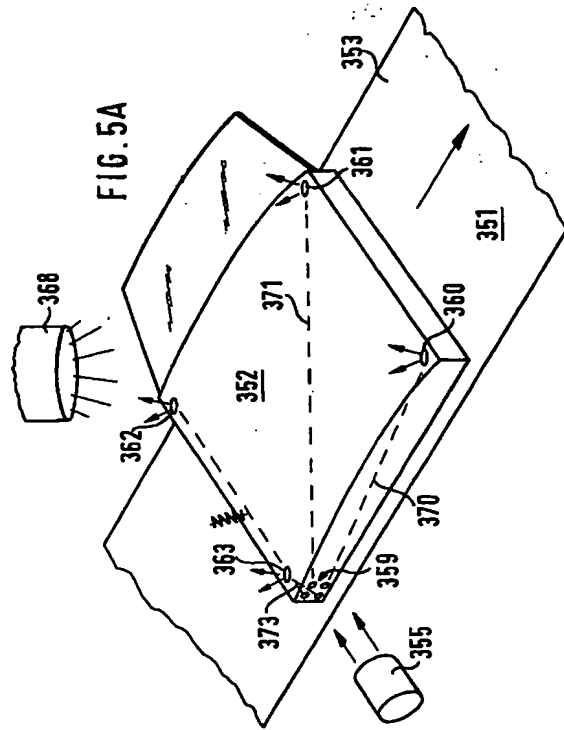
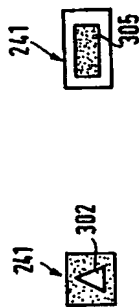


FIG. 5A

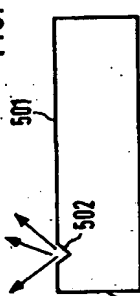


FIG. 7A

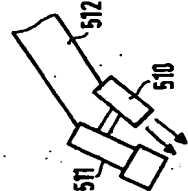


FIG. 7B

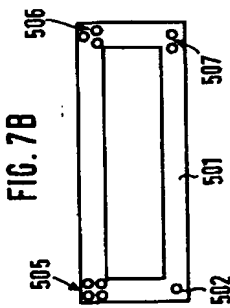


FIG. 8A

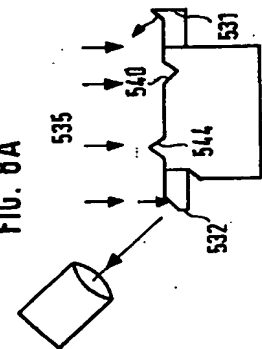


FIG. 8

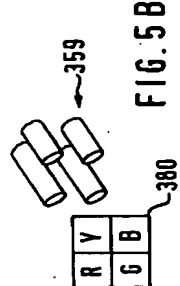
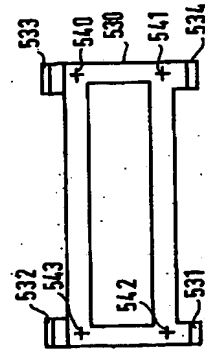


FIG. 5B

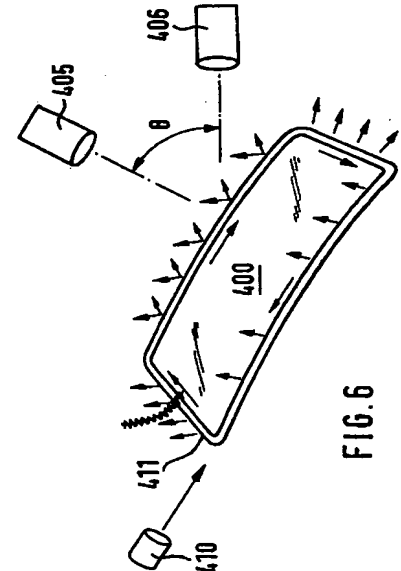
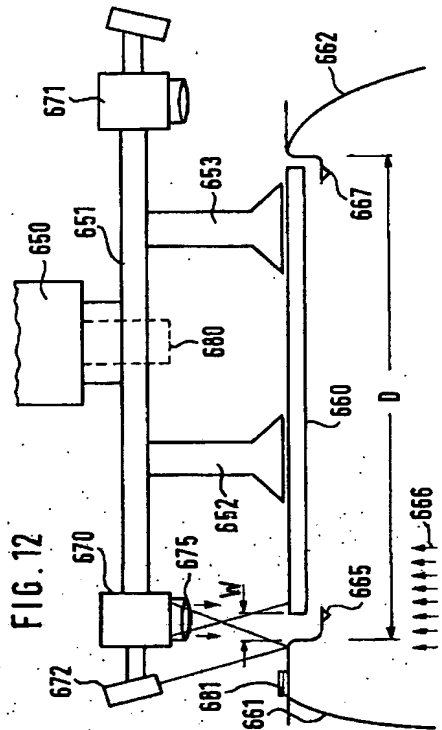
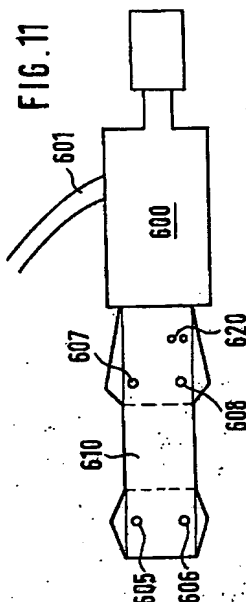
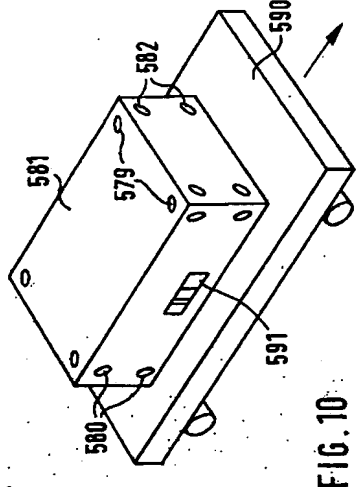
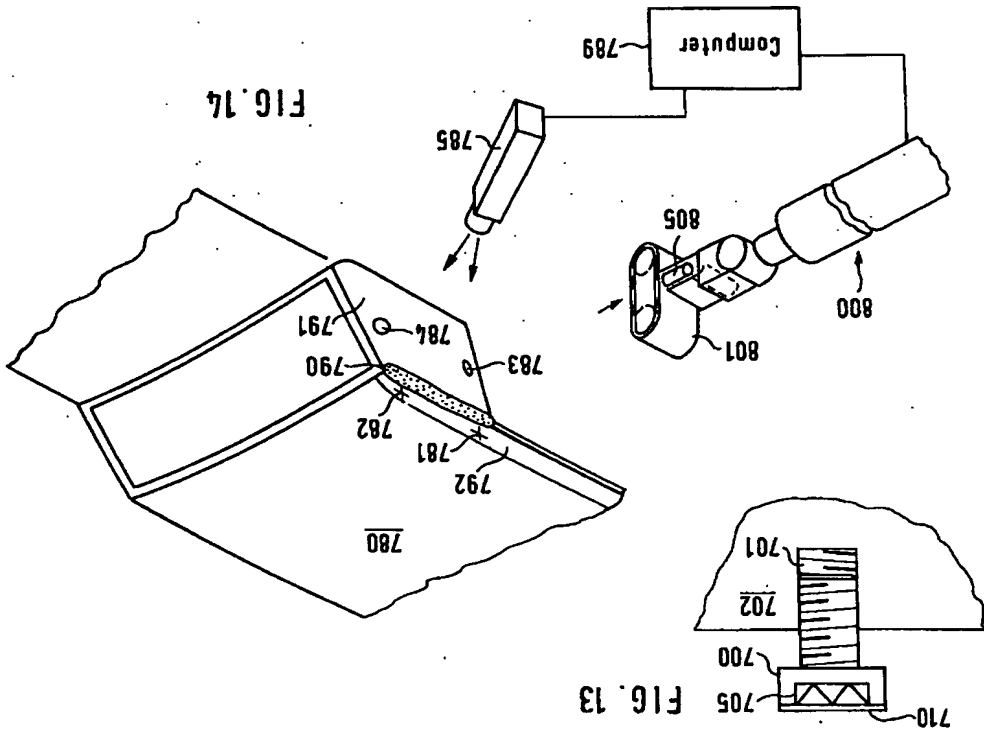


FIG. 6



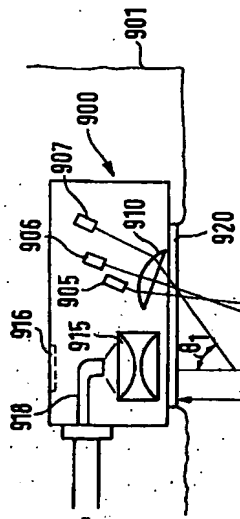


FIG. 15

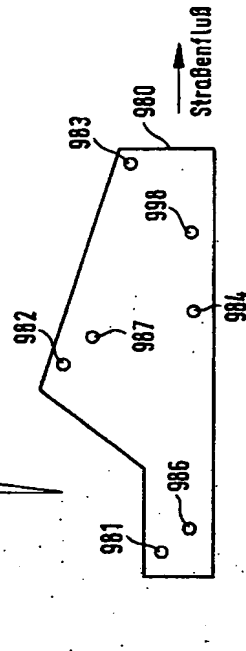


FIG. 17

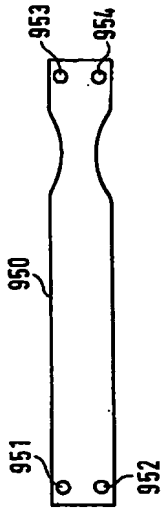


FIG. 16A

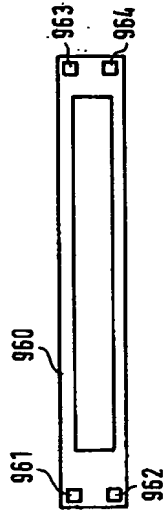


FIG. 16B

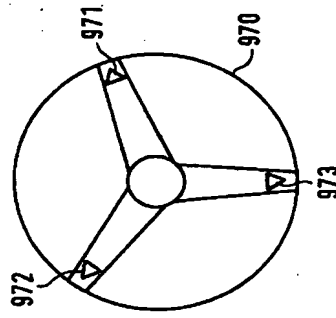


FIG. 16C

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**